

МОЛОДОЙ

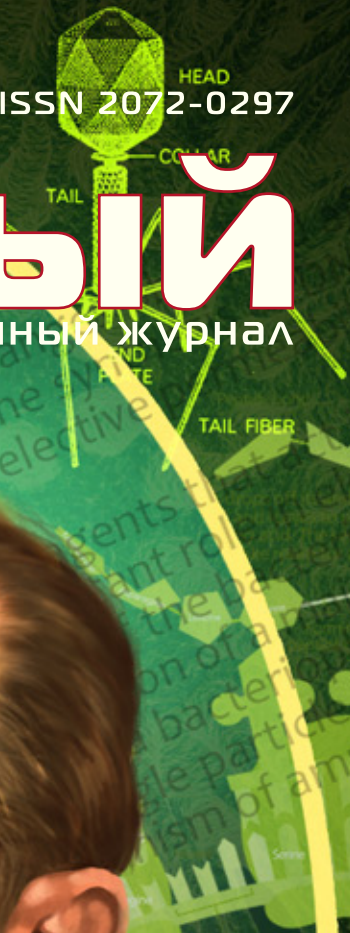
ISSN 2072-0297

# УЧЁНЫЙ

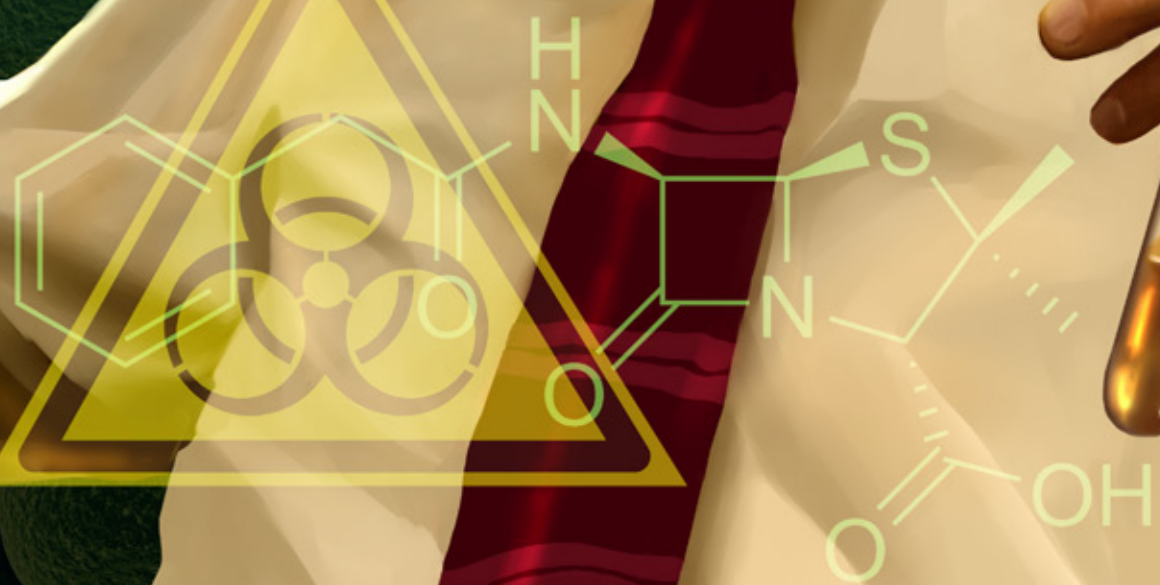
ежемесячный научный журнал



Phage, *phages* are  
macroregulatory  
phenomena  
"macroregulatory phenomena" By  
this I mean the processes of the  
some of the major processes of the  
or RNA, or protein, or the energy  
function of cellular membrane  
The study of antibiotics like  
smolar> way on cellular pro  
such processes as the or  
or the mechanism of pro  
function is produced by  
other macromolecular  
situation is even more



RNA translat  
protein s



11  
2014  
Часть I

ISSN 2072-0297

# Молодой учёный

Ежемесячный научный журнал

№ 11 (70) / 2014

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Главный редактор:** Ахметова Галия Дуфаровна, *доктор филологических наук*

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова Мария Николаевна, *доктор педагогических наук*

Иванова Юлия Валентиновна, *доктор философских наук*

Лактионов Константин Станиславович, *доктор биологических наук*

Сараева Надежда Михайловна, *доктор психологических наук*

Авдеюк Оксана Алексеевна, *кандидат технических наук*

Алиева Тарана Ибрагим кызы, *кандидат химических наук*

Ахметова Валерия Валерьевна, *кандидат медицинских наук*

Брезгин Вячеслав Сергеевич, *кандидат экономических наук*

Данилов Олег Евгеньевич, *кандидат педагогических наук*

Дёмин Александр Викторович, *кандидат биологических наук*

Дядюн Кристина Владимировна, *кандидат юридических наук*

Желнова Кристина Владимировна, *кандидат экономических наук*

Жуйкова Тамара Павловна, *кандидат педагогических наук*

Игнатова Мария Александровна, *кандидат искусствоведения*

Коварда Владимир Васильевич, *кандидат физико-математических наук*

Комогорцев Максим Геннадьевич, *кандидат технических наук*

Котляров Алексей Васильевич, *кандидат геолого-минералогических наук*

Кучерявенко Светлана Алексеевна, *кандидат экономических наук*

Лескова Екатерина Викторовна, *кандидат физико-математических наук*

Макеева Ирина Александровна, *кандидат педагогических наук*

Мусаева Ума Алиевна, *кандидат технических наук*

Насимов Мурат Орленбаевич, *кандидат политических наук*

Прончев Геннадий Борисович, *кандидат физико-математических наук*

Семахин Андрей Михайлович, *кандидат технических наук*

Сенюшкин Николай Сергеевич, *кандидат технических наук*

Ткаченко Ирина Георгиевна, *кандидат филологических наук*

Яхина Асия Сергеевна, *кандидат технических наук*

*На обложке изображен Сальвадор Эдвард Лурия (1912–1991) – американский микробиолог, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине 1969 года.*

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

**АДРЕС РЕДАКЦИИ:**

420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231. E-mail: [info@moluch.ru](mailto:info@moluch.ru); <http://www.moluch.ru/>.

**Учредитель и издатель:** ООО «Издательство Молодой ученый»

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии «Конверс», г. Казань, ул. Сары Садыковой, д. 61



Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

**Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-38059 от 11 ноября 2009 г.**

Журнал входит в систему РИНЦ (Российский индекс научного цитирования) на платформе elibrary.ru.

Журнал включен в международный каталог периодических изданий «Ulrich's Periodicals Directory».

**Ответственные редакторы:**

Кайнова Галина Анатольевна

Осянина Екатерина Игоревна

**Международный редакционный совет:**

Айрян Заруи Геворковна, *кандидат филологических наук, доцент (Армения)*

Арошидзе Паата Леонидович, *доктор экономических наук, ассоциированный профессор (Грузия)*

Атаев Загир Вагитович, *кандидат географических наук, профессор (Россия)*

Борисов Вячеслав Викторович, *доктор педагогических наук, профессор (Украина)*

Велковска Гена Цветкова, *доктор экономических наук, доцент (Болгария)*

Гайич Тамара, *доктор экономических наук (Сербия)*

Данатаров Агахан, *кандидат технических наук (Туркменистан)*

Данилов Александр Максимович, *доктор технических наук, профессор (Россия)*

Досманбетова Зейнегуль Рамазановна, *доктор философии (PhD) по филологическим наукам (Казахстан)*

Ешиев Абдыракман Молдоалиевич, *доктор медицинских наук, доцент, зав. отделением (Кыргызстан)*

Игисинов Нурбек Сагинбекович, *доктор медицинских наук, профессор (Казахстан)*

Кадыров Кутлуг-Бек Бекмуратович, *кандидат педагогических наук, заместитель директора (Узбекистан)*

Козырева Ольга Анатольевна, *кандидат педагогических наук, доцент (Россия)*

Лю Цзюань, *доктор филологических наук, профессор (Китай)*

Малес Людмила Владимировна, *доктор социологических наук, доцент (Украина)*

Нагервадзе Марина Алиевна, *доктор биологических наук, профессор (Грузия)*

Нурмамедли Фазиль Алигусейн оглы, *кандидат геолого-минералогических наук (Азербайджан)*

Прокопьев Николай Яковлевич, *доктор медицинских наук, профессор (Россия)*

Прокофьева Марина Анатольевна, *кандидат педагогических наук, доцент (Казахстан)*

Ребезов Максим Борисович, *доктор сельскохозяйственных наук, профессор (Россия)*

Сорока Юлия Георгиевна, *доктор социологических наук, доцент (Украина)*

Узаков Гулом Норбоевич, *кандидат технических наук, доцент (Узбекистан)*

Хоналиев Назарали Хоналиевич, *доктор экономических наук, старший научный сотрудник (Таджикистан)*

Хоссейни Амир, *доктор филологических наук (Иран)*

Шарипов Аскар Калиевич, *доктор экономических наук, доцент (Казахстан)*

**Художник:** Евгений Шишков

**Верстка:** Павел Бурьянов

## СОДЕРЖАНИЕ

### МАТЕМАТИКА

- Гасратова Н. А., Столбовая М. В., Бойцов Д. С., Степанова Д. С.**  
Математическая модель хищник-жертва на линейном ареале .....1
- Проценко Е. А., Семенова Г. А., Григорян Л. А., Тимофеева Е. Ф.**  
Исследование погрешности аппроксимации двумерной математической модели транспорта наносов ..... 11

### ИНФОРМАТИКА

- Банит В. В.**  
Способ хранения закрытого ключа криптосистемы цифровой подписи .....19
- Кулбараков М. А.**  
К задаче прогнозирования энергопотребления с помощью нейронных сетей.....22
- Кулбараков М. А.**  
К проблеме анализа данных при построении моделей многомерных систем .....26

### ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- Абрашова Е. В., Фоминых А. К.**  
Синтез и исследование многокомпонентных металлооксидов, полученных методом золь-гель.....29
- Андреев Л. Н., Петров А. М.**  
Теоретические исследования для обоснования параметров теплонасосной установки в телятниках Северного Зауралья .....33
- Арискин М. В., Гарькин И. Н.**  
Теоретические исследования напряженно-деформируемого состояния в составной балке ..... 37

- Бобина М. А., Ермолов В. М.**  
Экологичность — основа современных технологий авторециклинга..... 40
- Дмитриенко Т. В., Эрдэнэбилэг С.**  
Эффективность управления реконструкцией жилищного фонда крупного города (на примере Санкт-Петербурга).....45
- Жуков А. Н.**  
Сравнение способов усиления железобетонных консолей колонн по технико-экономическим показателям .....49
- Игошина С. Е., Карманов А. А., Сигаев А. П.**  
Вакуумметры с чувствительными элементами на основе пористых наноструктурированных материалов состава  $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2$ .....52
- Кондратьева А. В., Ребезов М. Б., Мазаев А. Н., Богатова О. В.**  
Управление качеством на молокоперерабатывающих предприятиях....55
- Кошко А. А.**  
Техническая модель реализации 3D-кадастра в России .....59
- Кошко А. А.**  
Архитектура прототипа и формата данных 3D-кадастра в России..... 61
- Кошко А. А.**  
Перспективы развития адаптации AutoCAD с помощью Clojure ..... 64
- Леви Л. И., Тащилина А. В.**  
Физиологический уровень стресса растений в иерархической структуре дерева нечеткого логического вывода ..... 67
- Лысыч М. Н., Шабанов М. Л., Скрыпников А. Е.**  
Перспективы использования технологий 3D печати .....69

<b>Лысыч М. Н., Шабанов М. Л., Трубчанинов Б. Р.</b> Объемные измерительные системы .....73	<b>Рожков А. В.</b> Виды периодического теплового воздействия в методах определения теплофизических свойств твердых материалов..... 104
<b>Мороз М. Н., Петухов А. В., Калашников В. И.</b> Оценка длительности сохранения гидрофобных свойств металлоорганических гидрофобизаторов в строительных материалах при различных условиях твердения.....78	<b>Рустамов Э. С., Бахриддинова М. А.</b> Способ переработки нефтяных шламов ..... 107
<b>Мороз М. Н., Суздальцев О. В., Калашников В. И.</b> Предполагаемый механизм поверхностной гидрофобизации строительных материалов .... 80	<b>Рустамов Э. С., Кудратова С. К.</b> Разработка комплексной технологии переработки нефтяных шламов — важная задача ..... 109
<b>Нуштаева А. И., Губер Н. Б., Ребезов Я. М., Раков М. О., Полтавская Ю. А.</b> Современные требования к безопасности мясных изделий .....83	<b>Сазанов Е. А.</b> Целесообразность учета GI при рендере: анализ конкурсных работ молодых архитекторов и студентов ..... 111
<b>Овсянникова Г. Л., Шошин Д. А.</b> Организация автомобильных перевозок мелких партий груза на предприятии молокозавода .... 87	<b>Сорокин Д. С., Данилов А. М.</b> Оптимизация деятельности транспортно- логистической компании..... 113
<b>Окуханова Э. К., Асенова Б. К., Дюсембаев С. Т., Есимбеков Ж. С., Ребезов М. Б.</b> Макро- и микроэлементный состав мяса марала ..... 90	<b>Сухов Я. И., Гарькина И. А.</b> Композиты специального назначения: идентификация и управление качеством ..... 115
<b>Омонов К. К., Маматов Д. К.</b> Создание трехмерной многогранной сети по вершинам в САПР AutoCAD .....93	<b>Тошев И. И., Очилова Н. Т., Солиева Н. Ш.</b> Построение теней в перспективе..... 118
<b>Petrachenko D. O., Dudukova S. V.</b> Influence of operation of stems combing on forces of coupling between stems .....96	<b>Фадеева Г. Д., Гарькин И. Н., Забиров А. И.</b> Экспертиза промышленной безопасности промышленных кирпичных труб..... 122
<b>Попов О. Н., Сычев А. А., Хромый К. С., Ярмизина А. Ю.</b> Измерительная система неразрушающего теплового контроля двухслойных полимерно- металлических изделий .....98	<b>Хайдаров Л. Р., Кудратова С. К.</b> Разработка техники и технологии утилизации нефтяных отходов ..... 125
<b>Рожков А. В., Полунина Н. Ю., Рогов И. В.</b> Автоматизированная система для измерения теплопроводности материалов на базе прибора ИТ-3 ..... 101	<b>Хохлов А. В.</b> К выбору состава кольматирующих добавок в поглощающих горизонтах ..... 127
	<b>Шаманов Ю. А., Шамин А. А., Головяшкин А. Н.</b> Методика контроля жидких химических реактивов с помощью ИК-спектрометра ФСМ 1201 ..... 129
	<b>Шамин А. А.</b> Анализ семейств спектров растворов золь после введения катализатора ..... 132



# МАТЕМАТИКА

## Математическая модель хищник-жертва на линейном ареале

Гасратова Наталья Александровна, кандидат физико-математических наук, ассистент;

Столбовая Мария Владимировна, аспирант;

Бойцов Дмитрий Сергеевич, студент;

Степанова Дарья Сергеевна, студент;

Санкт-Петербургский государственный университет

*Поставлена математическая задача о двух взаимодействующих на линейном ареале популяциях по принципу хищник-жертва (модель Вольтерра). Математическая модель представляет собой краевую задачу для системы двух нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных. Исследуется устойчивость стационарных состояний. Для построения численного решения используется вариационный метод с представлением решений в виде тригонометрических рядов. Дана оценка зависимости амплитуды и частоты затухающих колебаний от параметров, характеризующих подвижность особей. Теоретические результаты сопоставляются с результатами численных экспериментов.*

**Ключевые слова:** популяция, краевые задачи, математическое моделирование.

**Введение.** Математическому моделированию системы «хищник-жертва» посвящено большое число работ [1–3, 6–8, 32, 44, 50, 57–59, 62–68, 70]. Как правило, математическая часть моделей представлена задачей Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений. В таких моделях не учитывается пространственное распределение особей. Реальные популяции живут на ограниченных территориях с различными свойствами среды обитания в разных ее частях [5, 11, 16, 34, 41, 45, 51, 60, 68]. Часть особей по различным причинам (например, в поисках пищи или свободных мест обитания) склонна к перемещению по территории. Как показывает анализ результатов полевых наблюдений [16, 45, 51, 59, 60] перемещение особей происходит случайным образом. В моделях с распределенными параметрами, в которых учитывается пространственное распределение особей популяции, вводится плотность популяции на единицу длины, площади или объема, и считается, что особи распределены в пространстве. Среда обитания считается сплошной, что позволяет использовать аппарат дифференциальных уравнений в частных производных, широко применяемый при разработке математических моделей сплошных сред с нелинейными свойствами [17, 20, 27, 37–40, 47–49, 56, 61, 68, 69].

В природных условиях изменение численности популяции носит колебательный характер. Колебания численности связаны с реакцией популяции на внешние воздействия и внутренние изменения в биоценозе. Период и амплитуда колебаний зависят от механизмов регуляции численности популяции, особенностей вида и от условий его существования. Существенное влияние на биоценозы оказывает и производственная деятельность человека, приводящая к изменению условий существования флоры и фауны. Для учета негативных последствий, вносимых человеком нарушений в ход эволюционных процессов, в модели популяционной биологии необходимо подключать модели математической экономики [14, 15, 35, 36, 43].

**Точечная модель хищник-жертва.** Математическая модель, описывающая динамику численности двух популяций, взаимодействующих по принципу хищник-жертва, была предложена Лотка и Вольтерра [7].

$$\begin{aligned} \frac{du}{d\tau} &= c_1 u - a_{12} uv, \\ \frac{dv}{d\tau} &= -c_2 v + a_{21} uv. \end{aligned} \tag{1}$$

В этих уравнениях  $u$  и  $v$  — численности популяций жертвы и хищника соответственно,  $c_1$  — удельная скорость роста популяции жертвы в отсутствие хищника,  $a_{12}$  — константа, характеризующая скорость потребления популяцией хищника особей популяции жертвы,  $c_2$  — удельная скорость смертности хищника,  $a_{21}$  — константа, характеризующая скорость увеличения численности хищника за счет уничтожения им жертвы. Стационарной точкой системы уравнений (1) является  $u_* = \frac{c_2}{a_{21}}$ ,  $v_* = \frac{c_1}{a_{12}}$ . Эта стационарная точка устойчива, является центром, в ее окрестности

происходят гармонические колебания численности обеих популяций с частотой  $\omega = \sqrt{c_1 c_2}$  [3].

Модель Вольтерра объясняет одну из причин колебаний в системе «хищник-жертва», но она, как правило, плохо согласуется с экспериментальными данными. Так, например, в работах [33, 41, 45, 51] приводятся данные по численности различных видов хищников и жертв. Авторы отмечают, что в динамике экстремумы численности жертв и хищников совпадают — модель Вольтерра такой результат не дает. Не удается с высокой степенью точности описать и динамику изменения численности популяций в системе «хищник-жертва», поскольку одновременно оценить значения всех констант, входящих в (1), для реальных популяций не просто [21–25]. Наиболее точно можно оценить удельные скорости рождения  $c_1$  и смертности  $c_2$  и, соответственно период колебаний [3, 5]. По данным статистического учета особей по площадям или индивидуальным участкам [16, 41, 51, 59, 60] можно оценить значения  $u_* = c_2 / a_{21}$  и  $v_* = c_1 / a_{12}$  и, соответственно, значения констант  $a_{12}$  и  $a_{21}$ .

Результаты сопоставления расчетных ( $c_1 = 6$ ,  $c_2 = 1$ ,  $a_{12} = 0.8$ ,  $a_{21} = 0.0004$ ) и экспериментальных данных, приведенных в [45], представлены на рис. 1 для жертвы, а на рис. 2 для хищника. Символом (\*) отмечены экспериментальные данные, сплошными линиями — расчетные. Как следует из анализа этих результатов, теоретические результаты в лучшем случае могут предсказать лишь период колебаний  $T = \frac{2\pi}{\sqrt{c_1 c_2}}$ . Но вместе с этим понятно, что мо-

дель Вольтерра не учитывает многочисленные факторы, влияющие на численность популяций, одним из которых является неоднородность среды обитания.

**Модель хищник-жертва на линейном ареале.** Примерами линейных ареалов служат трубопроводы, обочины дорог, лесные просеки [3, 5, 11, 16, 34, 45, 51, 52, 58, 59, 60, 68]. Математическая модель «хищник-жертва» (1) на отрезке с учетом замены переменных [3]

$$u = \frac{c_1}{a_{21}} u_1, \quad v = \frac{c_1}{a_{12}} u_2, \quad \tau = t / c_1$$

представляется системой двух эволюционных уравнений [4, 12, 18, 19, 56, 58, 59, 62, 68]

$$\begin{aligned} \frac{\partial u_1}{\partial t} &= D_1 \frac{\partial^2 u_1}{\partial x^2} + u_1 - u_1 u_2, \\ \frac{\partial u_2}{\partial t} &= D_2 \frac{\partial^2 u_2}{\partial x^2} - \gamma u_2 + u_1 u_2. \end{aligned} \quad (2)$$

В этих уравнениях  $x$  — координата,  $t$  — время,  $u_1 = u_1(t, x)$  и  $u_2 = u_2(t, x)$  — линейные плотности популяций,  $D_1$  и  $D_2$  — параметры, характеризующие подвижности особей.

В качестве начальных условий задается значение функций  $u_1 = u_1(t, x)$  и  $u_2 = u_2(t, x)$  в начальный момент времени: при  $t = 0$   $u_1(x) = u_{10}(x)$ ,  $u_2(x) = u_{20}(x)$ .

В качестве граничных условий для случая отрезка длиной  $l$  рассматриваются два варианта:

$$\left. \frac{\partial u_1}{\partial x} \right|_{x=0} = \left. \frac{\partial u_1}{\partial x} \right|_{x=l} = 0, \quad \left. \frac{\partial u_2}{\partial x} \right|_{x=0} = \left. \frac{\partial u_2}{\partial x} \right|_{x=l} = 0 \quad (3)$$

и

$$u_1|_{x=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial u_1}{\partial x} \right|_{x=l} = 0, \quad u_2|_{x=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial u_2}{\partial x} \right|_{x=l} = 0. \quad (4)$$

Условие обращения в ноль функций  $u_1$  и  $u_2$  на границе отрезка соответствует невозможности существования популяции в этой точке, а условие обращения в ноль производных  $\partial u_1 / \partial x$  и  $\partial u_2 / \partial x$  (условие наполнения среды [13, 29, 30, 31, 44, 50, 58, 59, 68]) допускает свободный рост численности популяций.



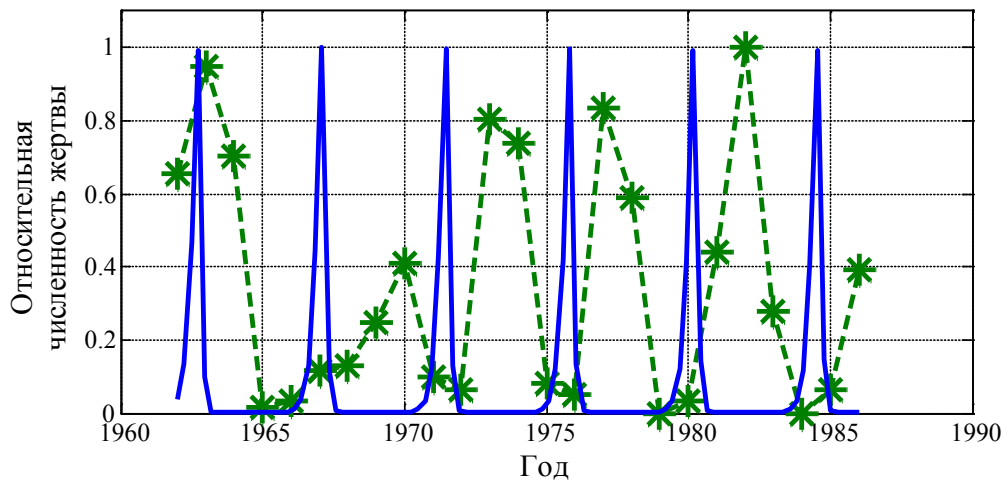


Рис. 1. Изменение численности жертвы во времени

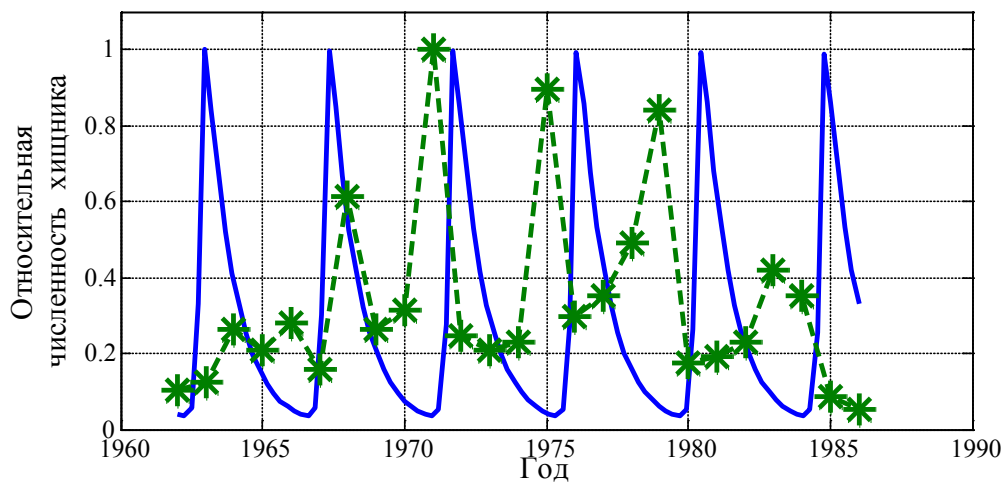


Рис. 2. Изменение численности хищника во времени

Общие численности жертвы ( $M_1(t)$ ) и хищника ( $M_2(t)$ ) на отрезке в момент времени  $t$  подсчитываются по формулам

$$M_1 = \int_0^l u_1(t, x) dx, \quad M_2 = \int_0^l u_2(t, x) dx.$$

**Устойчивость решений.** В стационарном случае системе уравнений (2) при граничных условиях (3) или (4) удовлетворяет тривиальное решение  $u_1 = 0, u_2 = 0$ . Возмущение этого равновесного состояния представляется в виде [9, 10, 26, 29–31, 53]  $u_1 = \delta u_1, u_2 = \delta u_2$ , где  $\delta u_1$  и  $\delta u_2$  малые по сравнению с единицей величины:  $0 \leq \delta u_1 \ll 1, 0 \leq \delta u_2 \ll 1$ . Тогда уравнения (2) с точностью до величин второго порядка малости [19, 26, 30] приводятся к виду

$$\begin{aligned} \frac{\partial \delta u_1}{\partial t} &= D_1 \frac{\partial^2 \delta u_1}{\partial x^2} + \delta u_1, \\ \frac{\partial \delta u_2}{\partial t} &= D_2 \frac{\partial^2 \delta u_2}{\partial x^2} - \gamma \delta u_2. \end{aligned} \tag{5}$$

Решение первого уравнения, удовлетворяющее граничным условиям (3), представляется в виде тригонометрического ряда

$$\delta u_1 = \sum_{k=0}^{\infty} A_k(t) \cos k\pi \frac{x}{l}.$$

При этом коэффициенты разложения должны удовлетворять уравнениям [56]

$$\frac{dA_0}{dt} = A_0, \quad \frac{dA_k}{dt} = -D_1 \left( \frac{k\pi}{l} \right)^2 A_k + A_k \quad k = 1, 2, \dots$$

Из первого уравнения находится, что  $A_0(t) = A_0(0)e^t$  будет возрастающей функцией времени. То есть решение  $u_1 = 0$  будет неустойчивым.

Решение первого уравнения в (5), удовлетворяющее граничным условиям (4), представляется в виде тригонометрического ряда

$$\delta u_1 = \sum_{k=1}^{\infty} A_k(t) \sin k \frac{\pi x}{2l}.$$

При этом коэффициенты разложения должны удовлетворять уравнениям

$$\frac{dA_k}{dt} = \left( 1 - D_1 \left( \frac{k\pi}{2l} \right)^2 \right) A_k \quad k = 1, 2, \dots$$

Отсюда следует, что при выполнении неравенства  $\left( \frac{2l}{\pi} \right)^2 < D_1$  все коэффициенты  $A_k$  будут убывающими функциями времени и, соответственно, решение  $u_1 = 0$  будет устойчивым. Последнее означает, что при высокой подвижности особей жертвы малочисленная популяция в рассматриваемой модели погибает. Аналогичный результат получен в [13, 31] для одиночной популяции.

Для случая граничных условий (3) в стационарном случае уравнениям (2) удовлетворяют  $u_1 = \gamma$ ,  $u_2 = 1$ . В окрестности этого решения решение уравнений (2) представляется в виде [26]

$$u_1 = \gamma + \delta u_1, \quad u_2 = 1 + \delta u_2,$$

где  $\delta u_1$  и  $\delta u_2$  малые по сравнению с единицей величины:  $|\delta u_1| \ll 1$ ,  $|\delta u_2| \ll 1$ . Тогда уравнения (2) с точностью до величин второго порядка малости приводятся к виду

$$\frac{\partial \delta u_1}{\partial t} = D_1 \frac{\partial^2 \delta u_1}{\partial x^2} - \gamma \delta u_2,$$

$$\frac{\partial \delta u_2}{\partial t} = D_2 \frac{\partial^2 \delta u_2}{\partial x^2} + \delta u_1.$$

Решение этих уравнений представляется в виде тригонометрических рядов [56]

$$u_1 = \sum_{k=0}^{\infty} A_k(t) \cos k\pi x / l, \quad u_2 = \sum_{k=0}^{\infty} B_k \cos k\pi x / l.$$

Коэффициенты разложения  $A_k$  и  $B_k$  должны удовлетворять системе обыкновенных дифференциальных уравнений ( $k = 0, 1, 2, \dots$ )

$$\frac{dA_k}{dt} = -D_1 \left( \frac{k\pi}{l} \right)^2 A_k - \gamma B_k,$$

$$\frac{dB_k}{dt} = -D_2 \left( \frac{k\pi}{l} \right)^2 B_k + A_k.$$

Собственные значения матрицы Якоби правой части этих уравнений удовлетворяют квадратному уравнению

$$\lambda_k^2 + (D_1 + D_2) \left( \frac{k\pi}{l} \right)^2 \lambda_k + D_1 D_2 \left( \frac{k\pi}{l} \right)^4 + \gamma = 0.$$

При  $k = 1, 2, \dots$   $\lambda_k$  будут иметь отрицательные вещественные части, а  $\lambda_0 = \pm i\sqrt{\gamma}$ . То есть все коэффициенты  $A_k$  и  $B_k$  при  $k = 1, 2, \dots$  будут убывающими функциями времени, а коэффициенты  $A_0$  и  $B_0$  будут изменяться по гармоническому закону. То есть при малых отклонениях от стационарного решения  $u_1 = \gamma$ ,  $u_2 = 1$  возникнут периодические по времени колебания, а решение со временем стремится к гомогенному по пространственной переменной.

**Численное решение.** Построить аналитическое решение нелинейных уравнений (2) не представляется возможным. Поэтому используются различные методы аппроксимаций уравнений (2) или их решений. Наибольшее распространение получили конечно-разностная аппроксимация уравнений и вариационные методы, основанные на представлении решения в виде линейной комбинации аналитических функций [13, 19, 20, 28, 31, 32, 42, 44, 46, 54, 55]. Численное решение уравнений (2), удовлетворяющее граничным условиям (4) на отрезке ищется в виде суммы тригонометрических функций [42, 44, 56]

$$u_1 = \sum_{k=1}^n A_k(t) \sin\left(k\pi - \frac{\pi}{2}\right) \frac{x}{l}, \quad u_2 = \sum_{k=1}^n B_k(t) \sin\left(k\pi - \frac{\pi}{2}\right) \frac{x}{l}. \tag{6}$$

Система функций  $\sin(k\pi - \pi/2)x/l$  ( $k = 1, 2, \dots$ ) удовлетворяет граничным условиям (4), является полной и ортогональной на отрезке  $[0, l]$ . После подстановки выражений (6) в уравнения (2), умножения последних на  $\sin(k\pi - \pi/2)x/l$  ( $k = 1, 2, \dots$ ) и последующего интегрирования по промежутку  $[0, l]$  будет получена система обыкновенных дифференциальных уравнений для коэффициентов  $A_k$  и  $B_k$  ( $k = 1, 2, \dots$ )

$$\begin{aligned} \frac{dA_k}{dt} &= -D_1 \left(\frac{k\pi - \pi/2}{l}\right)^2 A_k + \frac{2}{l} \int_0^l (u_1 - u_1 u_2) \sin(k\pi - \pi/2)x/l dx, \\ \frac{dB_k}{dt} &= -D_2 \left(\frac{k\pi - \pi/2}{l}\right)^2 B_k + \frac{2}{l} \int_0^l (-\gamma u_2 + u_1 u_2) \sin(k\pi - \pi/2)x/l dx. \end{aligned} \tag{7}$$

Начальные условия для функций  $A_k(t)$  и  $B_k(t)$  ( $k = 1, 2, \dots, n$ ) определяются из соотношений

$$\begin{aligned} A_k(0) &= \frac{2}{l} \int_0^l u_{10}(x) \sin(k\pi - \pi/2)x/l dx, \\ B_k(0) &= A_k(0) = \frac{2}{l} \int_0^l u_{20}(x) \sin(k\pi - \pi/2)x/l dx. \end{aligned}$$

Для одного члена разложения ( $n = 1$ ) в (5) для случая отрезка единичной длины ( $l = 1$ ) коэффициенты  $A_1(t)$  и  $B_1(t)$  удовлетворяют уравнениям

$$\begin{aligned} \frac{dA_1}{dt} &= \left(-D_1 \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 + 1 - \frac{8}{3\pi} B_1\right) A_1, \\ \frac{dB_1}{dt} &= \left(-D_2 \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 - \gamma + \frac{8}{3\pi} A_1\right) B_1. \end{aligned}$$

Нетривиальная стационарная точка этих уравнений со значениями

$$A_1 = \frac{8}{3\pi} \left(\gamma + D_2 \left(\frac{\pi}{2}\right)^2\right) \text{ и } B_1 = \frac{3\pi}{8} \left(1 - D_1 \frac{\pi^2}{4}\right) \tag{8}$$

реализуется, если выполняется неравенство  $D_1 < 4/\pi^2$ .

Собственными значениями матрицы Якоби

$$J = \begin{pmatrix} 0 & -\left(\gamma + D_2 \left(\frac{\pi}{2}\right)^2\right) \\ 1 - D_1 \frac{\pi^2}{4} & 0 \end{pmatrix}$$

в этой стационарной точке будут

$$\lambda_{1,2} = \pm i\omega, \quad \omega = \sqrt{\left(D_2 \left(\frac{\pi}{2}\right)^2 + \gamma\right) \left(1 - D_1 \left(\frac{\pi}{2}\right)^2\right)}.$$

Как следует из этих соотношений в первом приближении в системе возникают колебания с частотой  $\omega$ . Частота колебаний растет с увеличением подвижности хищника (параметр  $D_2$ ) и уменьшается, если растет подвижность жертвы (параметр  $D_1$ ). При этом, как это следует из (8), увеличение подвижности хищника приводит к увеличению амплитуды колебаний у жертвы. Амплитуда колебаний хищника от его подвижности в первом приближении не зависит.

Анализ поведения решения при большем числе слагаемых в представлениях (6) не представляется возможным без использования численных методов. Решение задачи Коши для системы уравнений (7) осуществлялось с применением численных методов типа Рунге-Кутты [46]. Некоторые из результатов численных экспериментов приведены на рис. 3–7.

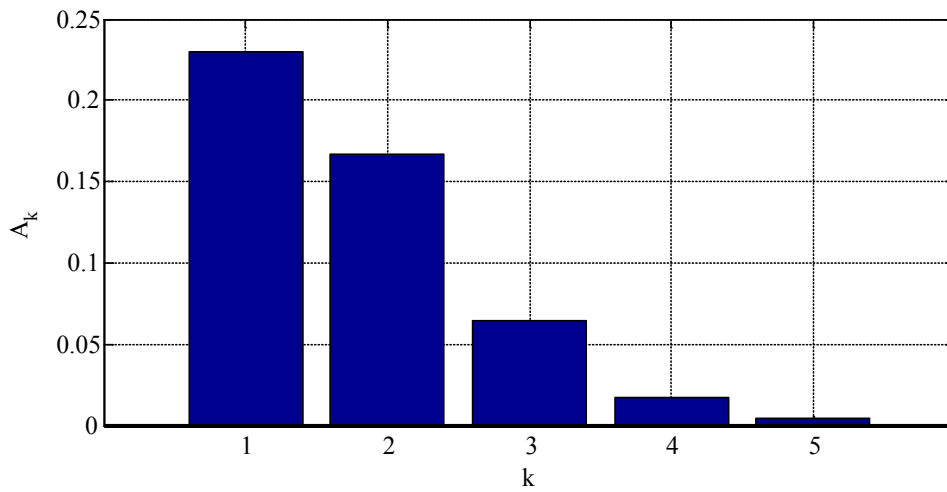


Рис. 3. Значения коэффициентов  $A_k$  ( $k = 1, 2, 3, 4, 5$ ) в момент времени  $t = 12$

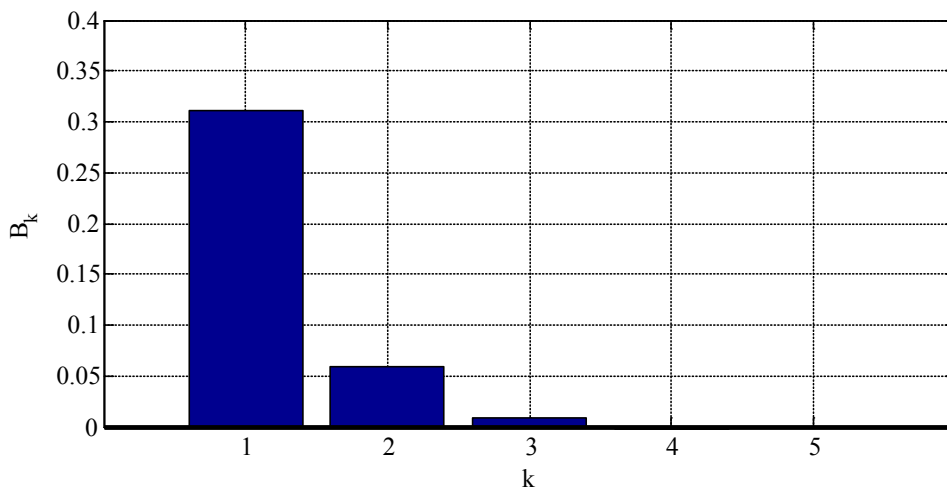


Рис. 4. Значения коэффициентов  $B_k$  ( $k = 1, 2, 3, 4, 5$ ) в момент времени  $t = 12$

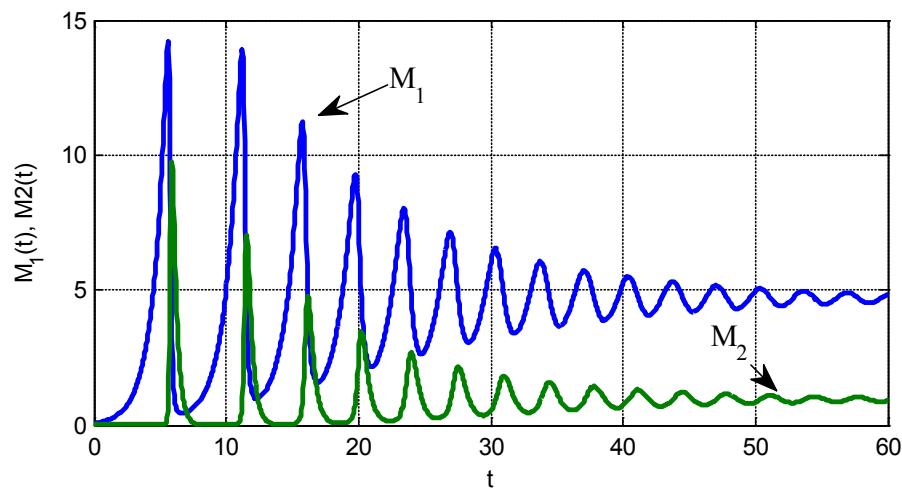


Рис. 5. Зависимость функций  $M_1(t)$  и  $M_2(t)$  от времени



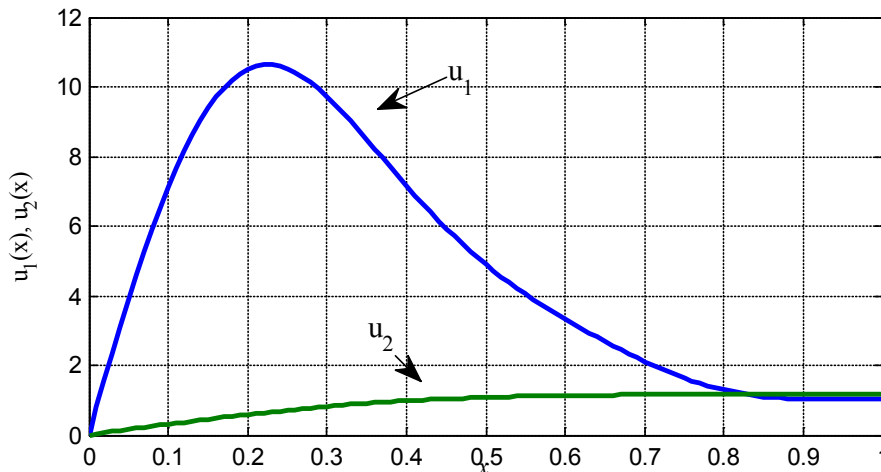


Рис. 6. Зависимость функций  $u_1(x)$  и  $u_2(x)$  от координаты в момент времени  $t = 60$

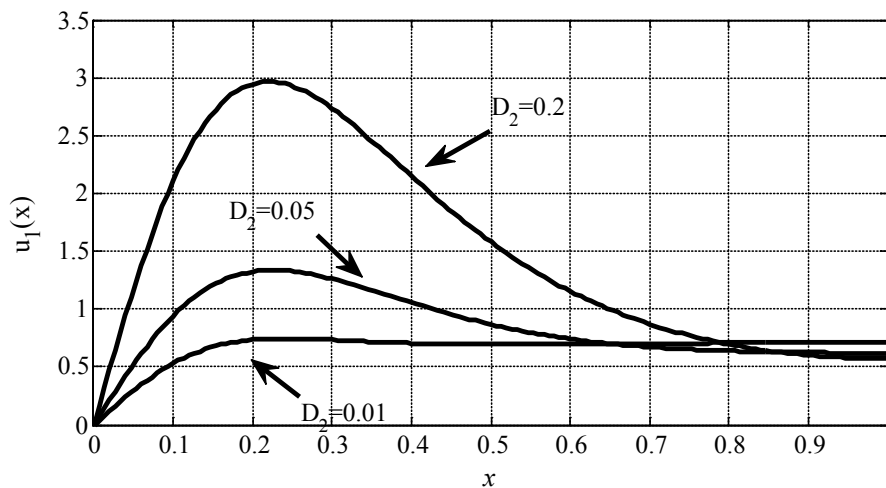


Рис. 7. Зависимость функции  $u_1(x)$  от координаты в момент времени  $t = 200$  при  $D_2 = 0.01$ ,  $D_2 = 0.05$  и  $D_2 = 0.20$

На рис. 3 отражены значения коэффициентов  $A_k$  ( $n = 5, k = 1, 2, 3, 4, 5$ ), а на рис. 4 —  $B_k$ , в момент времени  $t = 12$  при  $\gamma = 0.7$  и  $D_1 = D_2 = 0.01$  (подвижности хищников и жертв одинаковы). Из анализа этого результата следует, что при решении уравнений вариационным методом с высокой степенью точности можно ограничиться 4–5 членами в представлении (6). На рис. 5 отражено изменение функций  $M_1(t)$  и  $M_2(t)$  (общей численности популяции жертвы и популяции хищника на отрезке) во времени при  $\gamma = 0.7, D_1 = 0.01, D_2 = 1$  (подвижности хищника значительно больше подвижности жертвы), а на рис. 6 — изменение функций  $u_1(x)$  и  $u_2(x)$  от координаты в момент времени  $t = 60$ . Влияние подвижности хищника (параметра  $D_2$ ) на распределение плотности популяции жертвы отражено на рис. 7 ( $t = 200, D_2 = 0.01, D_2 = 0.05, D_2 = 0.20$ ). Как следует из полученных результатов при высокой подвижности хищника в системе возникают затухающие колебания (рис. 5), в отличие от результатов, полученных для одного слагаемого в (6). Плотность популяции жертвы в окрестности точки  $x = 0$  растет с ростом подвижности хищников (рис. 7) и одновременно растет и общая численность популяции жертвы.

**Заключение.** Учет неоднородности среды в математической модели хищник-жертва Вольтерра приводит к результатам, которые не дает точечная модель. Основной из них: от подвижности особей, как хищника, так и жертвы может зависеть общая численность популяций. При высокой подвижности особей популяция жертвы может погибнуть. Рост подвижности особей популяции хищника приводит к уменьшению периода возникающих колебаний и к увеличению численности жертвы.

## Литература:

1. Апонин, Ю. М., Аполина Е. А. Математическая модель сообщества хищник — жертва с нижним порогом численности жертвы // Компьютерные исследования и моделирование. — 2009. — Т. 1. — № 1. — с. 51–56.
2. Апонин, Ю. М., Аполина Е. А. Принцип инвариантности Ла-Салля и математические модели эволюции микробных популяций // Компьютерные исследования и моделирование. — 2011. — Т. 3. — № 2. — с. 177–190.
3. Базыкин, А. Д. Нелинейная динамика взаимодействующих популяций. Москва-Ижевск: Институт компьютерных технологий, 2003. — 368 с.
4. Балыкина, Ю. Е., Колпак Е. П. Математические модели функционирования фолликула щитовидной железы // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2013. — № 3. — с. 20–31.
5. Бигон, М., Харпер Дж., Таунсенд К. Экология. Особи, популяции и сообщества: в двух томах. М.: Мир, 1989. Т. 1. — 667 с. Т. 2. — 477 с.
6. Будянский, А. В., Цибулин В. Г. Моделирование пространственно-временной миграции близкородственных популяций // Компьютерные исследования и моделирование. — 2011. — Т. 3. — № 4. — с. 477–488.
7. Вольтерра, В. Математическая теория борьбы за существование. Москва-Ижевск: Институт компьютерных технологий, 2004. — 288 с.
8. Гайко, В. А. Глобальный бифуркационный анализ кватерничной модели «хищник — жертва» // Компьютерные исследования и моделирование. — 2011. — Т. 3. — № 2. — с. 125–134.
9. Гасратова, Н. А. Напряженно-деформированное состояние упругого пространства со сферическим жестким включением // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2009. — № 1. — с. 14–18.
10. Гасратова, Н. А., Шамина В. А. Решение в напряжениях линейной осесимметричной задачи для сферы и упругого пространства со сферической полостью // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия. — 2008. — № 2. — с. 122–128.
11. Гилев, А. В. Закономерности пространственного распределения и научные основы охраны рыжих лесных муравьев // Зоологический журнал. — 2010. — Т. 89. — № 12. — с. 1413–1420.
12. Глызин, С. Д. Разностная аппроксимация уравнения «реакция — диффузия» на отрезке // Моделирование и анализ информационных систем. — 2009. — Т. 16. — № 3. — с. 96–116.
13. Горбунова, Е. А., Колпак Е. П. Математические модели одиночной популяции // Вест. С.-Петерб. ун-та. Сер. 10. — 2012. — Вып. 4. — с. 18–30.
14. Григорьева, К. В., Иванов А. С., Малафеев О. А. Статическая коалиционная модель инвестирования инновационных проектов // Экономическое возрождение России. — 2011. — № 4. — с. 90–98.
15. Григорьева, К. В., Малафеев О. А. Динамический процесс кооперативного взаимодействия в многокритериальной (многоагентной) задаче почтальона // Вестник гражданских инженеров. — 2011 — № 1. — с. 150–156.
16. Громов, В. С. Пространственно-этологическая структура популяций грызунов. М.: Т-во науч. изданий КМК, 2008. — 581 с.
17. Даль, Ю. М., Пронина Ю. Г. Деформация шаровой поры в нелинейно-упругом теле // Известия Российской академии наук. Серия физическая. — 2006. — Т. 70. — № 9. — с. 1341–1343.
18. Жукова, И. В., Колпак Е. П. Математическая модель солидной опухоли // Естественные и математические науки в современном мире. — 2013. — № 13. — с. 18–25.
19. Жукова, И. В., Колпак Е. П. Математические модели злокачественной опухоли // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2014. — № 3. — с. 5–18.
20. Кабриц, С. А. Мальков В. М., Мансурова С. Е. Математическое моделирование нелинейной деформации эластомерного слоя // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2011. — № 3. — с. 56–63.
21. Карелин, В. В. Один подход к задаче оценки параметров динамической системы в условиях неопределенности // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2012. — № 4. — с. 31–36.
22. Карелин, В. В. Точные штрафы в задаче наблюдения // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2008. — № 4. — с. 3–8.
23. Карелин, В. В. Точные штрафы в задаче оценки координат динамической системы в условиях неопределенности // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2011. — № 4. — с. 40–46.

24. Карелин, В. В. Штрафные функции в задаче управления процессом наблюдения // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2010. — №4. — с. 109–114.
25. Колокольцов, В. Н., Малафеев О. А. Динамические конкурентные системы многоагентного взаимодействия и их асимптотическое поведение (часть I) // Вестник гражданских инженеров. — 2010 — №4 — с. 144–153.
26. Колпак, Е. П. Устойчивость и закритические состояния безмоментных оболочек при больших деформациях // диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук/Санкт-Петербург, 2000.
27. Колпак, Е. П. Введение в механику сплошных сред учебное пособие/Е. П. Колпак; С.-Петерб. гос. ун-т. СПб. 2004.
28. Колпак, Е. П., Балыкина Ю. Е., Котина Е. Д., Жукова И. В. Математическая модель нарушений функционирования щитовидной железы // Молодой Ученый. — 2014. — №2 (61). — с. 19–24.
29. Колпак, Е. П., Горбунова Е. А., Балыкина Ю. Е., Гасратова Н. А. Математическая модель одиночной популяции на биллокальном ареале // Молодой ученый. — 2014. — №1 (6). — с. 28–33.
30. Колпак, Е. П., Горбунова Е. А., Жукова И. В. Математическая модель популяционной волны // Естественные и математические науки в современном мире. — 2014. — №16. — с. 25–41.
31. Колпак, Е. П., Горбунова Е. А., Столбовая М. В., Балыкина Ю. Е. Математическая модель логистической популяции на линейном ареале // Молодой ученый. — 2014. — №3 (62). — с. 6–14.
32. Колпак, Е. П., Жукова И. В., Степанова Д. С., Крицкая А. В. О численных методах решения эволюционных уравнений на примере математической модели «хищник-жертва» // Молодой ученый. — 2014. — №4. — с. 20–30.
33. Колпак, Е. П., Столбовая М. В. Математическая модель кинетики роста растений // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. — 2013. — №12 (90). — с. 230–232.
34. Коробченко, М. А. Расширение ареала крота европейского (*talpa europaea*) в долине реки Северный Донец // Зоологический журнал. — 2009. — Т. 88. — №4. — с. 465–472.
35. Малафеев, О. А., Пахар О. В. Динамическая нестационарная задача инвестирования проектов в условиях конкуренции // Проблемы механики и управления: Нелинейные динамические системы. — 2009. — №41. — с. 103–108.
36. Малафеев, О. А., Соснина В. В. Модель управления процессом кооперативного трехагентного взаимодействия // Проблемы механики и управления: Нелинейные динамические системы. — 2007. — №39. — с. 131–144.
37. Мальков, В. М., Малькова Ю. В. Исследование нелинейной задачи Фламана // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. — 2006. — №5. — с. 68–78.
38. Мальков, В. М., Малькова Ю. В., Иванов В. А. Бесконечная плоскость с круговым включением, имеющим отслоение на части границы // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2009. — №4. — с. 152–165.
39. Мальков, В. М., Малькова Ю. В. Плоская задача нелинейной упругости для гармонического материала // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия. — 2008. — №3. — с. 114–126.
40. Мальков, В. М., Малькова Ю. В. Нелинейная задача Фламана для несжимаемого материала // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия. — 2004. — №4. — с. 73–82.
41. Мамонтов, С. Н. Распределение по стволу дерева короеда-типографа (*ips typographus*, coleoptera, scolynidae) и его энтомогафов // Зоологический журнал. — 2009. — Т. 88. — №9. — с. 1139–1145.
42. Матросов, А. В. Сходимость степенных рядов в методе начальных функций // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2012. — №1. — с. 41–51.
43. Миндлин, Ю. Б., Колпак Е. П., Балыкина Ю. Е. Проблемы использования кластеров в Российской Федерации // Вестник НГУЭУ. — 2014. — №1. — с. 22–32.
44. Мятлев, В. Д., Панченко Л. А., Ризниченко Г. Ю., Терехин А. Т. Теория вероятностей и математическая статистика. Математические модели. М.: Издательский центр «Акадкмия», 2009. — 320 с.
45. Окулова, Н. М., Катаев Г. Д. Взаимосвязи «хищник-красно-серая полевка» в сообществах позвоночных животных Лапландского заповедника // Зоологический журнал. — 2007. — Т. 86. — №8. — с. 989–998.
46. Олемской, И. В. Модификация алгоритма выделения структурных особенностей // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2006. — №2. — с. 55–64.
47. Пронина, Ю. Г. Периодическая задача о точечных воздействиях в упругой полуплоскости с отверстиями // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2009. — №3. — с. 118–128.

48. Пронина, Ю. Г. Сосредоточенные силы и моменты в упругой полуплоскости с отверстием // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2009. — №2. — с. 104–114.
49. Пронина, Ю. Г. Центры расширения-сжатия в упругой полуплоскости // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 1: Математика. Механика. Астрономия. — 2007. — №2. — с. 140–149.
50. Ризниченко, Г. Ю., Рубин А. Б. Биофизическая динамика продукционных процессов. Москва — Ижевск: Институт компьютерных технологий, 2004. — 464 с.
51. Садыков, О. Ф., Бененсон И. Е. Динамика численности мелких млекопитающих: Концепции, гипотезы, модели. М.: Наука, 1992. — 191 с.
52. Свирижев, Ю. М. Нелинейные волны, диссипативные структуры и катастрофы в экологии. М: Наука, 1987. — 368 с.
53. Старков, В. Н., Степенко Н. А. Исследование динамики маятниковых систем с переменными параметрами // Естественные и математические науки в современном мире. — 2014. — № 15. — с. 20–36.
54. Тамасян, Г. Ш. Градиентные методы в вариационной задаче со свободными концами // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2012. — №4. — с. 77–84.
55. Тамасян, Г. Ш. Градиентные методы решения задачи Коши // Вестник Санкт-Петербургского университета. Серия 10: Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. — 2009. — №4. — с. 224–230.
56. Тихонов, А. Н., Самарский А. А. Уравнение математической физики. М.: Наука, 1972. — 735 с.
57. Трубецков, Д. И. Феномен математической модели Лотки-Вольтерры и сходных с ней // Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика. — 2011. — Т. 19. — №2. — с. 69–88.
58. Тютюнов, Ю. В. Пространственная модель развития устойчивости насекомых-вредителей к трансгенной инсектицидной сельскохозяйственной культуре // Биофизика. — 2007. — Т. 52. — №1. — с. 95–113.
59. Тютюнов, Ю. В., Загребнева А. Д., Сурков Ф. А., Азовский А. И. Микромасштабная пятнистость распределения веслоногих рачков как результат трофически обусловленных миграций // Биофизика. — 2009. — Т. 54. — Вып. 3. — с. 508–514.
60. Уморин, П. П. Роль хищников в устойчивом существовании нескольких видов водорослей // Биология внутренних вод. — 2009. — №1. — с. 3–7.
61. Черных, К. Ф., Кабриц С. А., Колпак Е. П., Слепнева Л. В. Точные решения краевых задач нелинейной теории упругости // отчет о НИР №96–01–00739 (Российский фонд фундаментальных исследований).
62. Чеснокова, О. И., Мелких А. В. Имитационное моделирование направленного движения в условиях градиента освещенности // Компьютерные исследования и моделирование. — 2012. — Т. 4. — №2. — с. 401–406.
63. Abrams, P. A., Chad E., Brassil C. E., Robert D., Holt R. D. Dynamics and responses to mortality rates of competing predators undergoing predator–prey cycles // Theoretical Population Biology. — 2003. — V. 64. — P. 163–176.
64. Garvie, M. R. Finite-difference schemes for reaction–diffusion equations modeling predator — prey interactions in Matlab // Bulletin of Mathematical Biology. — 2007. — V. 69. — P. 931–956.
65. Ge, w., Gui z. The effect of harvesting on a predator–prey system with stage structure // Ecological Modelling. — 2005. — V. 187. — P. 329–340.
66. Jones, L. E., Ellner S. P Evolutionary Tradeoff and Equilibrium in an Aquatic Predator — Prey System // Bulletin of Mathematical Biology. — 2004. — V. 66. — P. 1547–1573.
67. Lopez-Sanchez, J. F., Alhama F., Gonzalez-Fernandez C. F Introduction and permanence of species in a diffusive Lotka-Volterra system with time-dependent coefficients // Ecological Modelling. — 2005. — V. 183. P. 1–9.
68. Murray, D. D. Mathematical biology. N. Y. Springer. 2002. — 551 p.
69. Pronina, Y. G. Estimation of the life of an elastic tube under the action of a longitudinal force and pressure under uniform surface corrosion conditions // Russian metallurgy (Metally). — 2010. — Т. 2010. — №4. — с. 361–364.
70. Wang, W., Takeuchi Y. Adaptation of prey and predators between patches // Journal of Theoretical Biology. — 2009. — V. 258. — P. 603–613.



## Исследование погрешности аппроксимации двумерной математической модели транспорта наносов

Проценко Елена Анатольевна, кандидат физико-математических наук, доцент;  
Семенова Галина Александровна, кандидат физико-математических наук, доцент  
Таганрогский государственный педагогический институт имени А. П. Чехова (Ростовская область)

Григорян Лусине Арсеновна, старший преподаватель;  
Тимофеева Елена Федоровна, кандидат физико-математических наук, доцент  
Институт математики и естественных наук Северо-Кавказского федерального университета (г. Ставрополь)

*В статье рассмотрена нестационарная пространственно-двумерная модель транспорта наносов в прибрежной зоне водоемов, учитывающая следующие физические параметры и процессы: пористость грунта, критическое значение касательного напряжения, при котором начинается перемещение наносов, турбулентный обмен, динамически изменяемую геометрию дна и функцию возвышения уровня, ветровые течения, трение о дно. Выполнена дискретизация предложенной модели транспорта наносов. Показано, что построенные разностные схемы обладают первым порядком погрешности аппроксимации относительно шага по временной переменной и вторым — относительно шагов по пространственным переменным.*

**Ключевые слова:** транспорт наносов, разностные схемы, аппроксимация, погрешность.

**Введение.** При конструктивном преобразовании рельефов следует учитывать динамику процессов образования берега, исследовать формирование профиля дна в прибрежных акваториях под воздействием волновых процессов. Процесс перемещения наносов волнового поля вдоль берега относят к одному из важнейших явлений прибрежной зоны водоема [1, 2].

Для достоверного прогноза динамических явлений береговой зоны возникает необходимость в построении математических моделей процессов переноса вещества на мелководье под воздействием поверхностных гравитационных волн, играющих важную роль в прогнозировании возможного вмешательства в экосистему, в анализе текущей ситуации, в принятии оперативных решений по преодолению антропогенных воздействий [2, 4].

Одним из наиболее эффективных методов исследования реальных процессов гидродинамики в настоящее время является численное моделирование. Для задач математического моделирования гидродинамических процессов в водоемах актуальной остается проблема построения и практического использования вычислительно-эффективных методов, применение которых позволяло бы получать достаточно точное приближенное численное решение. Математическое моделирование природных систем, в том числе мелководных водоемов, дополняет, а во многих случаях позволяет исключить дорогостоящие натурные эксперименты с реальной экосистемой [4, 5, 6].

**Непрерывная модель.** Уравнения процесса перемещения наносов запишем в дивергентном виде [7, 8]:

$$\begin{aligned}
 (1 - \varepsilon) \frac{\partial H}{\partial t} + \operatorname{div} \left( \frac{A \varpi d}{((\rho_1 - \rho_0)gd)^\beta} \left| \vec{\tau}_b - \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} \operatorname{grad} H \right|^{\beta-1} \vec{\tau}_b \right) = \\
 = \operatorname{div} \left( \frac{A \varpi d}{((\rho_1 - \rho_0)gd)^\beta} \left| \vec{\tau}_b - \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} \operatorname{grad} H \right|^{\beta-1} \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} \operatorname{grad} H \right). \tag{1}
 \end{aligned}$$

где  $H$  — глубина дна, отсчитываемая от невозмущенной поверхности водоема;  $\varepsilon$  — пористость грунта;  $x, y$  — горизонтальные декартовы координаты;  $\tau_b$  — касательное напряжение на дне;  $\tau_{bc}$  — критическое значение касательного напряжения, при котором начинается перемещение наносов;  $A$  и  $\beta$  — безразмерные постоянные (в настоящей работе  $A$  равна 19,5,  $\beta$  равна 3),  $\varpi$  — частота волны;  $d$  — характеристика осадков;  $\rho_1, \rho_0$  — плотности твердых частиц и воды;  $\varphi_0$  — угол естественного откоса грунта в воде;  $g$  — ускорение свободного падения;  $t$  — время.

Введем обозначение:  $k = \frac{A \varpi d}{((\rho_1 - \rho_0)gd)^\beta} \left| \vec{\tau}_b - \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} \operatorname{grad} H \right|^{\beta-1}$ .

С учетом ограничений на касательные напряжения на дне расчетной области данное выражение запишем в виде [5, 9]:

$$k = \frac{A\omega d}{((\rho_1 - \rho_0)gd)^\beta} \left| \vec{\tau}_b - \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} \text{grad}H \right|^{\beta-1} h \left( \left| \vec{\tau}_b - \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} \text{grad}H \right| - \tau_{bc} \right), \quad (2)$$

где  $h(x) = \begin{cases} 1, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases}$  — функция Хэвисайда.

Записав уравнение (1) с учетом (2), имеем:

$$(1 - \varepsilon) \frac{\partial H}{\partial t} + \text{div}(k\vec{\tau}_b) = \text{div} \left( k \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} \text{grad}H \right). \quad (3)$$

$$\text{Уравнение (3) дополним начальным условием: } H(x, y, 0) = H_0(x, y). \quad (4)$$

На границе отсутствует поток, вызванный влиянием гравитационных сил:

$$H'_0(x, y, t) = 0. \quad (5)$$

Таким образом, имеем непрерывную двумерную математическую модель формирования наносов в прибрежной зоне водоема (1)-(5).

**Дискретизация двумерной математической модели транспорта наносов.** Следующим этапом разработки двумерной математической модели процессов перемещения наносов в прибрежной зоне является построение дискретной модели по непрерывному аналогу. Построим разностную схему, аппроксимирующую уравнение (3) с соответствующими граничными и начальными условиями (4)-(5).

Расчетная область вписана в прямоугольник. Покроем область равномерной прямоугольной расчетной сеткой  $\omega = \omega_t \times \omega_x \times \omega_y$  [10, 11]:

$$\omega_t = \{t^n = nh_t, 0 \leq n \leq N_t - 1, l_t = h_t(N_t - 1)\}, \quad \omega_x = \{x_i = ih_x, 0 \leq i \leq N_x - 1, l_x = h_x(N_x - 1)\},$$

$$\omega_y = \{y_j = jh_y, 0 \leq j \leq N_y - 1, l_y = h_y(N_y - 1)\},$$

где  $n, i, j$  — индексы по временной координате и пространственным координатным направлениям  $Ox, Oy$  соответственно;  $h_t, h_x, h_y$  — шаги по временной координате и пространственным координатным направлениям  $Ox, Oy$  соответственно;  $N_t, N_x, N_y$  — количество узлов по временной координате и пространственным координатным направлениям  $Ox, Oy$  соответственно;  $l_t, l_x, l_y$  — длина расчетной области по временной координате и пространственным координатным направлениям  $Ox, Oy$  соответственно.

Для получения дискретной модели воспользуемся интегро-интерполяционным методом [11, 12]. Для этого запишем уравнение (3) в следующем виде:

$$(1 - \varepsilon)H'_t + (k\tau_{b,x})'_x + (k\tau_{b,y})'_y = \left( k \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} H'_x \right)'_x + \left( k \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} H'_y \right)'_y, \quad (6)$$

$$\text{где } k = \frac{A\omega d}{((\rho_1 - \rho_0)gd)^\beta} \left| \vec{\tau}_b - \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} \text{grad}H \right|^{\beta-1} h \left( \left| \vec{\tau}_b - \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} \text{grad}H \right| - \tau_{bc} \right).$$

Интегрируя уравнение (6) по области  $D_{txy}$ :

$$D_{txy} \in \left\{ t \in [t^n, t^{n+1}], x \in [x_{i-1/2}, x_{i+1/2}], y \in [y_{j-1/2}, y_{j+1/2}] \right\}, \text{ имеем:}$$

$$\begin{aligned} & \iiint_{D_{txy}} (1 - \varepsilon)H'_t dt dx dy + \iiint_{D_{txy}} (k\tau_{b,x})'_x dt dx dy + \iiint_{D_{txy}} (k\tau_{b,y})'_y dt dx dy = \\ & = \iiint_{D_{txy}} \left( k \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} H'_x \right)'_x dt dx dy + \iiint_{D_{txy}} \left( k \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} H'_y \right)'_y dt dx dy. \end{aligned} \quad (7)$$

Вычислим каждый из полученных интегралов в отдельности.

Найдем значение первого интеграла, стоящего в левой части уравнения (7):

$$\begin{aligned} \iiint_{D_{xy}} (1 - \varepsilon) H'_t dt dx dy &= (1 - \varepsilon) \iint_{D_{xy}} dx dy \int_{t^n}^{t^{n+1}} H'_t dt = (1 - \varepsilon) \iint_{D_{xy}} (H^{n+1} - H^n) dx dy \approx \\ &\approx (1 - \varepsilon) (H_{i,j}^{n+1} - H_{i,j}^n) h_x h_y, \text{ где } D_{xy} \in \left\{ x \in [x_{i-1/2}, x_{i+1/2}], y \in [y_{j-1/2}, y_{j+1/2}] \right\}. \end{aligned} \quad (8)$$

Найдем значение второго интеграла, стоящего в левой части уравнения (7):

$$\begin{aligned} \iiint_{D_{xy}} (k \tau_{b,x})'_x dt dx dy &= \iint_{D_{xy}} dt dy \int_{x_{i-1/2}}^{x_{i+1/2}} (k \tau_{b,x})'_x dt = \iint_{D_{xy}} (k \tau_{b,x}) \Big|_{x_{i+1/2}} - (k \tau_{b,x}) \Big|_{x_{i-1/2}} dt dy \approx \\ &\approx \left( k_{i+1/2,j}^n (\tau_{b,x})_{i+1/2,j}^n - k_{i-1/2,j}^n (\tau_{b,x})_{i-1/2,j}^n \right) h_t h_y. \end{aligned} \quad (9)$$

Аналогичным образом можно записать значение третьего интеграла, стоящего в левой части уравнения (7):

$$\iiint_{D_{xy}} (k \tau_{b,y})'_y dt dx dy \approx \left( k_{i,j+1/2}^n (\tau_{b,y})_{i,j+1/2}^n - k_{i,j-1/2}^n (\tau_{b,y})_{i,j-1/2}^n \right) h_t h_x. \quad (10)$$

Найдем значение первого интеграла, стоящего в правой части уравнения (7):

$$\begin{aligned} \iiint_{D_{xy}} \left( k \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} H'_x \right)'_x dt dx dy &= \iint_{D_{xy}} dt dy \int_{x_{i-1/2}}^{x_{i+1/2}} \left( k \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} H'_x \right)'_x dt = \\ &= \iint_{D_{xy}} \left( \left( k \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} H'_x \right) \Big|_{x_{i+1/2}} - \left( k \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} H'_x \right) \Big|_{x_{i-1/2}} \right) dt dy. \end{aligned} \quad (11)$$

Обозначим  $W = \left( k \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} H'_x \right)$ . Проинтегрируем выражение на отрезке  $x \in [x_i, x_{i+1}]$ , имеем:

$$\int_{x_i}^{x_{i+1}} W dx = \int_{x_i}^{x_{i+1}} k \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} H'_x dx. \quad (12)$$

Левую часть равенства (10) запишем в виде:  $\int_{x_i}^{x_{i+1}} W dx \approx W_{i+1/2} h_x$ .

Преобразуем правую часть выражения (12):

$$\int_{x_i}^{x_{i+1}} k \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} H'_x dx \approx k_{i+1/2} \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} \int_{x_i}^{x_{i+1}} H'_x dx = k_{i+1/2} \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} (H_{i+1} - H_i).$$

Таким образом, выражение (12) можно записать в виде:

$$W_{i+1/2} = k_{i+1/2} \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} \frac{H_{i+1} - H_i}{h_x}. \quad (13)$$

Подставим (13) в (12), в результате получим:

$$\begin{aligned} \iiint_{D_{xy}} \left( k \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} H'_x \right)'_x dt dx dy &= \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} \iint_{D_{xy}} \left( k_{i+1/2} \frac{H_{i+1} - H_i}{h_x} - k_{i-1/2} \frac{H_i - H_{i-1}}{h_x} \right) dt dy = \\ &= \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} \left( k_{i+1/2,j}^n \frac{H_{i+1,j}^{n+\sigma} - H_{i,j}^{n+\sigma}}{h_x} - k_{i-1/2,j}^n \frac{H_{i,j}^{n+\sigma} - H_{i-1,j}^{n+\sigma}}{h_x} \right) h_y h_t, \end{aligned} \quad (14)$$

где  $\sigma$  — вес схемы [13].

Аналогично получим значение второго интеграла, стоящего в правой части уравнения (7):

$$\begin{aligned} & \iiint_{D_{xy}} \left( k \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} H'_y \right)'_y dt dx dy = \\ & = \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} \left( k_{i,j+1/2}^n \frac{H_{i,j+1}^{n+\sigma} - H_{i,j}^{n+\sigma}}{h_y} - k_{i,j-1/2}^n \frac{H_{i,j}^{n+\sigma} - H_{i,j-1}^{n+\sigma}}{h_y} \right) h_x h_t. \end{aligned} \tag{15}$$

Подставив выражения (8)-(10), (14)-(15) в уравнение (7), имеем:

$$\begin{aligned} & (1 - \varepsilon) (H_{i,j}^{n+1} - H_{i,j}^n) h_x h_y + \left( k_{i+1/2,j}^n (\tau_{b,x})_{i+1/2,j}^n - k_{i-1/2,j}^n (\tau_{b,x})_{i-1/2,j}^n \right) h_t h_y + \\ & + \left( k_{i,j+1/2}^n (\tau_{b,y})_{i,j+1/2}^n - k_{i,j-1/2}^n (\tau_{b,y})_{i,j-1/2}^n \right) h_t h_x = \\ & = \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} \left( k_{i+1/2,j}^n \frac{H_{i+1,j}^{n+\sigma} - H_{i,j}^{n+\sigma}}{h_x} - k_{i-1/2,j}^n \frac{H_{i,j}^{n+\sigma} - H_{i-1,j}^{n+\sigma}}{h_x} \right) h_y h_t + \\ & + \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} \left( k_{i,j+1/2}^n \frac{H_{i,j+1}^{n+\sigma} - H_{i,j}^{n+\sigma}}{h_y} - k_{i,j-1/2}^n \frac{H_{i,j}^{n+\sigma} - H_{i,j-1}^{n+\sigma}}{h_y} \right) h_x h_t. \end{aligned} \tag{16}$$

Разделив выражение (16) на  $h_t h_x h_y$ , получим дискретную модель транспорта наносов:

$$\begin{aligned} & (1 - \varepsilon) \frac{H_{i,j}^{n+1} - H_{i,j}^n}{h_t} + \frac{k_{i+1/2,j}^n (\tau_{b,x})_{i+1/2,j}^n - k_{i-1/2,j}^n (\tau_{b,x})_{i-1/2,j}^n}{h_x} + \frac{k_{i,j+1/2}^n (\tau_{b,y})_{i,j+1/2}^n - k_{i,j-1/2}^n (\tau_{b,y})_{i,j-1/2}^n}{h_y} = \\ & = \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} \left( k_{i+1/2,j}^n \frac{H_{i+1,j}^{n+\sigma} - H_{i,j}^{n+\sigma}}{h_x^2} - k_{i-1/2,j}^n \frac{H_{i,j}^{n+\sigma} - H_{i-1,j}^{n+\sigma}}{h_x^2} \right) + \\ & + \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} \left( k_{i,j+1/2}^n \frac{H_{i,j+1}^{n+\sigma} - H_{i,j}^{n+\sigma}}{h_y^2} - k_{i,j-1/2}^n \frac{H_{i,j}^{n+\sigma} - H_{i,j-1}^{n+\sigma}}{h_y^2} \right), \end{aligned} \tag{17}$$

где  $(\tau_{b,x})_{i+1/2,j}^n = \left( (\tau_{b,x})_{i+1,j}^n + (\tau_{b,x})_{i,j}^n \right) / 2$ ,  $(\tau_{b,y})_{i,j+1/2}^n = \left( (\tau_{b,y})_{i,j+1}^n + (\tau_{b,y})_{i,j}^n \right) / 2$ ,

$$k_{i+1/2,j}^n = \frac{A \omega d \left| (\bar{\tau}_b)_{i+1/2,j}^n - \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} (\text{grad} H)_{i+1/2,j}^n \right|^{\beta-1}}{((\rho_1 - \rho_0)gd)^\beta} h \left( \left| (\bar{\tau}_b)_{i+1/2,j}^n - \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} (\text{grad} H)_{i+1/2,j}^n \right| - \tau_{bc} \right).$$

Найдем значение  $\text{grad} H \Big|_{(x_{i+1/2}, y_j)}$ . Обозначим  $W = \text{grad} H$ . Проинтегрируем данное выражение по области

$$D_{xy} : D_{xy} \in \left\{ x \in [x_i, x_{i+1}], y \in [y_{j-1/2}, y_{j+1/2}] \right\}, \text{ в результате получим: } \iint_{D_{xy}} W dx dy = \iint_{D_{xy}} \text{grad} H dx dy. \tag{18}$$

Левую часть данного выражения запишем в виде:  $\iint_{D_{xy}} W dx dy = 2W_{i+1/2,j} h_x h_y$ .

Правую часть выражения (18) запишем в виде:

$$\begin{aligned} & \iint_{D_{xy}} \text{grad} H dx dy = \int_{x_i}^{x_{i+1}} \int_{y_{i-1}}^{y_{j+1}} \left( H'_x \bar{i} + H'_y \bar{j} \right) dx dy = \int_{x_i}^{x_{i+1}} \left( 2h_y (H'_x) \Big|_{y=j} \bar{i} + H \Big|_{y_{i-1}}^{y_{j+1}} \bar{j} \right) dx = \\ & = \int_{x_i}^{x_{i+1}} \left( 2h_y (H'_x) \Big|_{y=j} \bar{i} + H \Big|_{y_{i-1}}^{y_{j+1}} \bar{j} \right) dx = 2h_y (H_{i+1,j} - H_{i,j}) \bar{i} + h_x (H_{i+1/2,j+1} - H_{i+1/2,j-1}) \bar{j} \end{aligned}$$



Таким образом, выражение (18) можно записать в следующем виде:

$$(\text{grad}H)_{i+1/2,j} = \frac{H_{i+1,j} - H_{i,j}}{h_x} \bar{i} + \frac{H_{i+1/2,j+1} - H_{i+1/2,j-1}}{2h_y} \bar{j}, \quad (19)$$

где  $\bar{i}, \bar{j}$  — единичные вектора, направленные вдоль координатных осей  $Ox, Oy$  соответственно.

Аналогичным образом можно получить следующую аппроксимацию:

$$(\text{grad}H)_{i,j+1/2} = \frac{H_{i+1,j+1/2} - H_{i-1,j+1/2}}{2h_x} \bar{i} + \frac{H_{i,j+1} - H_{i,j}}{h_y} \bar{j}. \quad (20)$$

Таким образом, уравнение (17) с аппроксимациями (18)-(19) задают дискретную модель транспорта наносов.

**Погрешность аппроксимации конечно-разностной схемы.** Найдем погрешность аппроксимации дискретной модели транспорта наносов. Запишем следующие разложения в ряд Тейлора относительно точки  $M \in R^3$  с координатами  $(t^{n+1/2}, x_i, y_j)$  [10, 12].

$$H_{i,j}^{n+1} = H(M) + H'_t(M) \frac{h_t}{2} + H''_{tt}(M) \frac{h_t^2}{8} + O(h_t^3), \quad (21)$$

$$H_{i,j}^n = H(M) - H'_t(M) \frac{h_t}{2} + H''_{tt}(M) \frac{h_t^2}{8} + O(h_t^3). \quad (22)$$

При помощи разложений (21)-(22) можно вычислить порядок погрешности аппроксимации первого слагаемого в дискретной математической модели транспорта наносов (17).

$$(1 - \varepsilon) \frac{H_{i,j}^{n+1} - H_{i,j}^n}{h_t} = (1 - \varepsilon) H'_t(M) + O(h_t^2). \quad (23)$$

Для расчета погрешностей оставшихся слагаемых модели транспорта наносов (17) понадобятся разложения в ряд

$$P(x_i, y_j) \in R^2 :$$

Тейлора относительно точки

$$H_{i+1,j} = H(P) + H'_x(P) h_x + H''_{xx}(P) \frac{h_x^2}{2} + H'''_{xxx}(P) \frac{h_x^3}{6} + O(h_x^4),$$

$$H_{i-1,j} = H(P) - H'_x(P) h_x + H''_{xx}(P) \frac{h_x^2}{2} - H'''_{xxx}(P) \frac{h_x^3}{6} + O(h_x^4).$$

Найдем погрешность аппроксимации для следующего выражения:

$$\begin{aligned} & k_{i+1/2,j}^n \frac{H_{i+1,j}^{n+\sigma} - H_{i,j}^{n+\sigma}}{h_x^2} - k_{i-1/2,j}^n \frac{H_{i,j}^{n+\sigma} - H_{i-1,j}^{n+\sigma}}{h_x^2} = \\ & = k_{i+1/2,j}^n \left( \frac{H_{i+1,j} - H_{i,j}}{h_x^2} \right) \Big|_{t=t^{n+\sigma}} - k_{i-1/2,j}^n \left( \frac{H_{i,j} - H_{i-1,j}}{h_x^2} \right) \Big|_{t=t^{n+\sigma}} = \\ & = k_{i+1/2,j}^n \left( \frac{H'_x(P)}{h_x} + \frac{H''_{xx}(P)}{2} + H'''_{xxx}(P) \frac{h_x}{6} \right) \Big|_{t=t^{n+\sigma}} - \\ & - k_{i-1/2,j}^n \left( \frac{H'_x(P)}{h_x} - \frac{H''_{xx}(P)}{2} + H'''_{xxx}(P) \frac{h_x}{6} \right) \Big|_{t=t^{n+\sigma}} + O(h_x^2) = \\ & = \frac{k_{i+1/2,j}^n - k_{i-1/2,j}^n}{h_x} H'_x(P) \Big|_{t=t^{n+\sigma}} + \frac{k_{i+1/2,j}^n + k_{i-1/2,j}^n}{2} H''_{xx}(P) \Big|_{t=t^{n+\sigma}} + \end{aligned}$$

$$+ \frac{k_{i+1/2,j}^n - k_{i-1/2,j}^n}{6} H'''_{xxx}(P) \Big|_{t=t^{n+\sigma}} h_x + O(h_x^2).$$

Принимая во внимание следующие равенства:

$$k_{i+1/2,j}^n - k_{i-1/2,j}^n = k'_x(P) \Big|_{t=t^n} h_x + O(h_x^3),$$

$$k_{i+1/2,j}^n + k_{i-1/2,j}^n = 2k(P) \Big|_{t=t^n} + O(h_x^2), \text{ получим:}$$

$$k_{i+1/2,j}^n \frac{H^{n+\sigma}_{i+1,j} - H^{n+\sigma}_{i,j}}{h_x^2} - k_{i-1/2,j}^n \frac{H^{n+\sigma}_{i,j} - H^{n+\sigma}_{i-1,j}}{h_x^2} = k'_x(P) \Big|_{t=t^n} H'_x(P) \Big|_{t=t^{n+\sigma}} + k(P) \Big|_{t=t^n} H''_{xx}(P) \Big|_{t=t^{n+\sigma}} + O(h_x^2) = \left( k(P) \Big|_{t=t^n} H'_x(P) \Big|_{t=t^{n+\sigma}} \right)'_x + O(h_x^2).$$

Таким образом,  $k_{i+1/2,j}^n \frac{H^{n+\sigma}_{i+1,j} - H^{n+\sigma}_{i,j}}{h_x^2} - k_{i-1/2,j}^n \frac{H^{n+\sigma}_{i,j} - H^{n+\sigma}_{i-1,j}}{h_x^2} =$

$$= \left( k(P) \Big|_{t=t^n} H'_x(P) \Big|_{t=t^{n+\sigma}} \right)'_x + O(h_x^2). \tag{24}$$

Найдем погрешность аппроксимации для следующего оператора:

$$\begin{aligned} & k_{i,j+1/2}^n \frac{H^{n+\sigma}_{i,j+1} - H^{n+\sigma}_{i,j}}{h_y^2} - k_{i,j-1/2}^n \frac{H^{n+\sigma}_{i,j} - H^{n+\sigma}_{i,j-1}}{h_y^2} = \\ & = k_{i,j+1/2}^n \left( \frac{H_{i,j+1} - H_{i,j}}{h_y^2} \right) \Big|_{t=t^{n+\sigma}} - k_{i,j-1/2}^n \left( \frac{H_{i,j} - H_{i,j-1}}{h_y^2} \right) \Big|_{t=t^{n+\sigma}} \\ & = k_{i,j+1/2}^n \left( \frac{H'_y(P)}{h_y} + \frac{H''_{yy}(P)}{2} + H'''_{yyy}(P) \frac{h_y}{6} \right) \Big|_{t=t^{n+\sigma}} - \\ & - k_{i,j-1/2}^n \left( \frac{H'_y(P)}{h_y} - \frac{H''_{yy}(P)}{2} + H'''_{yyy}(P) \frac{h_y}{6} \right) \Big|_{t=t^{n+\sigma}} + O(h_y^2) = \\ & = \frac{k_{i,j+1/2}^n - k_{i,j-1/2}^n}{h_y} H'_y(P) \Big|_{t=t^{n+\sigma}} + \frac{k_{i,j+1/2}^n + k_{i,j-1/2}^n}{2} H''_{yy}(P) \Big|_{t=t^{n+\sigma}} + \\ & + \frac{k_{i,j+1/2}^n - k_{i,j-1/2}^n}{6} H'''_{yyy}(P) \Big|_{t=t^{n+\sigma}} h_y + O(h_y^2). \end{aligned}$$

Принимая во внимание следующие равенства:

$$k_{i,j+1/2}^n - k_{i,j-1/2}^n = k'_y(P) \Big|_{t=t^n} h_y + O(h_y^3),$$

$$k_{i,j+1/2}^n + k_{i,j-1/2}^n = 2k(P) \Big|_{t=t^n} + O(h_y^2), \text{ получим:}$$

$$\begin{aligned} & k_{i,j+1/2}^n \frac{H^{n+\sigma}_{i,j+1} - H^{n+\sigma}_{i,j}}{h_y^2} - k_{i,j-1/2}^n \frac{H^{n+\sigma}_{i,j} - H^{n+\sigma}_{i,j-1}}{h_y^2} = \\ & = k'_y(P) \Big|_{t=t^n} H'_y(P) \Big|_{t=t^{n+\sigma}} + k(P) \Big|_{t=t^n} H''_{yy}(P) \Big|_{t=t^{n+\sigma}} + O(h_y^2) = \\ & = \left( k(P) \Big|_{t=t^n} H'_y(P) \Big|_{t=t^{n+\sigma}} \right)'_y + O(h_y^2). \end{aligned} \tag{25}$$

Таким образом, погрешность аппроксимации данного оператора  $O(h_y^2)$ .

Нетрудно убедиться, что выражения (24) и (25) обладают вторым порядком погрешности аппроксимации по пространственной координате.

В результате получим следующее выражение:

$$\begin{aligned} & (1 - \varepsilon) \frac{H_{i,j}^{n+1} - H_{i,j}^n}{h_t} + \frac{k_{i+1/2,j}^n (\tau_{b,x})_{i+1/2,j}^n - k_{i-1/2,j}^n (\tau_{b,x})_{i-1/2,j}^n}{h_x} + \\ & + \frac{k_{i,j+1/2}^n (\tau_{b,y})_{i,j+1/2}^n - k_{i,j-1/2}^n (\tau_{b,y})_{i,j-1/2}^n}{h_y} - \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} \left( k_{i+1/2,j}^n \frac{H_{i+1,j}^{n+\sigma} - H_{i,j}^{n+\sigma}}{h_x^2} - k_{i-1/2,j}^n \frac{H_{i,j}^{n+\sigma} - H_{i-1,j}^{n+\sigma}}{h_x^2} \right) + \\ & - \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} \left( k_{i,j+1/2}^n \frac{H_{i,j+1}^{n+\sigma} - H_{i,j}^{n+\sigma}}{h_y^2} - k_{i,j-1/2}^n \frac{H_{i,j}^{n+\sigma} - H_{i,j-1}^{n+\sigma}}{h_y^2} \right) = \\ & = (1 - \varepsilon) H'_t(M) + \left( (k(P)\tau_{b,x}(P))'_x + (k(P)\tau_{b,y}(P))'_y \right) \Big|_{t=t^n} + \\ & - \left( k(P) \Big|_{t=t^n} H'_x(P) \Big|_{t=t^{n+\sigma}} \right)'_x + \left( k(P) \Big|_{t=t^n} H'_y(P) \Big|_{t=t^{n+\sigma}} \right)'_y + O(h_t^2 + h_x^2 + h_y^2). \end{aligned}$$

Принимая во внимание следующие равенства:

$$k(P) \Big|_{t=t^n} = k(M) + O(h_t), \quad \tau_{b,x}(P) \Big|_{t=t^n} = \tau_{b,x}(M) + O(h_t),$$

$$H'_x(P) \Big|_{t=t^{n+\sigma}} = \sigma H'_x(P) \Big|_{t=t^{n+1}} + (1 - \sigma) H'_x(P) \Big|_{t=t^n} =$$

$$= H'_x(M) + \frac{\sigma}{2} H''_{xx}(M) h_t - \frac{(1 - \sigma)}{2} H''_{xx}(M) h_t + O(h_t^2) =$$

$$= H'_x(M) + (\sigma - 1/2) H''_{xx}(M) h_t + O(h_t^2), \text{ получим первый порядок погрешности аппроксимации по временной переменной.}$$

Повышение порядка погрешности дискретизации до второго по времени приводит к необходимости решения систем нелинейных уравнений, что негативно сказывается на скорости вычисления. Следует также отметить, что кроме выражений  $k(P) \Big|_{t=t^n}$ ,  $\tau_b(P) \Big|_{t=t^n}$  все остальные операторы аппроксимированы со вторым порядком погрешности аппроксимации при условии  $\sigma = 1/2$ .

Вычислим погрешность аппроксимации коэффициентов  $k_{i+1/2,j}^n$ .

Для этого найдем погрешность дискретизации поля градиента глубины в точках  $(x_{i+1/2}, y_j)$  и  $(x_i, y_{j+1/2})$ .

Погрешность дискретизации поля градиента глубины в точке  $(x_{i+1/2}, y_j)$ :

$$(gradH)_{i+1/2,j} = \frac{H_{i+1,j} - H_{i,j}}{h_x} \bar{i} + \frac{H_{i+1/2,j+1} - H_{i+1/2,j-1}}{2h_y} \bar{j}.$$

Принимая во внимание следующие равенства:

$$\frac{H_{i+1,j} - H_{i,j}}{h_x} = H'_x(x_{i+1/2}, y_j) + O(h_x^2), \quad \frac{H_{i+1/2,j+1} - H_{i+1/2,j-1}}{2h_y} = H'_y(x_{i+1/2}, y_j) + O(h_y^2),$$

получим погрешность аппроксимации поля градиента глубины:

$$(gradH)_{i+1/2,j} = gradH(x_{i+1/2}, y_j) + O(h_x^2 + h_y^2).$$

Аналогичным образом можно получить аппроксимацию поля градиента глубины в точке  $(x_i, y_{j+1/2})$ :

$$(\text{grad}H)_{i,j+1/2} = \text{grad}H(x_i, y_{j+1/2}) + O(h_x^2 + h_y^2).$$

Из выражения  $(1+x)^\beta = 1 + \beta x$ , при  $x \rightarrow 0$  следует равенство порядков погрешности аппроксимации полей  $\bar{\tau}_b - \frac{\tau_{bc}}{\sin \varphi_0} \text{grad}H$  и коэффициентов  $k$ .

В итоге получаем второй порядок погрешности аппроксимации по пространственным координатам для поля коэффициентов  $k$ .

Таким образом, общий порядок погрешности аппроксимации математической модели транспорта наносов равен  $O(h_i + h_x^2 + h_y^2)$ .

#### Литература:

1. Леонтьев, И. О. Прибрежная динамика: волны, течения, потоки наносов. М.: Геос., 2001. 272 с.
2. Сухинов, А. И. Прецизионные модели гидродинамики и опыт применения в предсказании и реконструкции чрезвычайных ситуаций в Азовском море // Известия ТРТУ. — 2006. № 3 (58). с. 228–235.
3. Якушев, Е. В., Сухинов А. И. Комплексные океанологические исследования Азовского моря в 28-м рейсе научно-исследовательского судна «Акванавт» // Океанология, 2003, т. 43, № 1, с. 44–53.
4. Сухинов, А. И., Чистяков А. Е., Проценко Е. А. Математическое моделирование транспорта наносов в прибрежной зоне мелководных водоемов // Матем. моделирование. 2013. Т. 25. № 12. с. 65–82.
5. Сухинов, А. И., Никитина А. В., Чистяков А. Е., Семенов И. С. Математическое моделирование условий формирования заморов в мелководных водоемах на многопроцессорной вычислительной системе // Вычислительные методы и программирование. — 2013. — Т. 14. с. 103–112.
6. Проценко, Е. А., Чистяков А. Е., Программная реализация математической модели распространения поверхностных волн // Альманах современной науки и образования. — 2013. — № 1 (65). с. 170–173.
7. Проценко, Е. А. Модель и алгоритмы решения задачи о транспорте наносов // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2009. Т. 97. № 8. с. 71–75.
8. Проценко, Е. А. Двумерная конечно-разностная модель формирования наносов в прибрежной зоне водоема и ее программная реализация // Инженерный вестник Дона. 2010. Т. 13. № 3. с. 23–31.
9. Проценко, Е. А. Программная реализация математической модели транспорта наносов в прибрежной зоне водоема // Вестник Таганрогского государственного педагогического института. 2012. № 1. с. 48–55.
10. Самарский, А. А. Теория разностных схем. М. Наука, 1989.
11. Сухинов, А. И. Двумерные схемы расщепления и некоторые их приложения. — М.: МАКС Пресс, 2005. — 408 с.
12. Сухинов, А. И., Чистяков А. Е., Фоменко Н. А. Методика построения разностных схем для задачи диффузии-конвекции-реакции, учитывающих степень заполненности контрольных ячеек // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2013. № 4. с. 87–98.
13. Сухинов, А. И., Чистяков А. Е., Бондаренко Ю. С. Оценка погрешности решения уравнения диффузии на основе схем с весами // Известия ЮФУ. Технические науки. — 2011. — № 8 (121). с. 6–13.



# ИНФОРМАТИКА

## Способ хранения закрытого ключа криптосистемы цифровой подписи

Банит Вадим Витальевич, студент  
Национальный технический университет Украины (г. Киев)

*Предложен способ хранения закрытого ключа криптосистемы цифровой подписи. Детально описана идея способа, аргументированно выбраны алгоритмы работы. Предложены разные варианты.*

**Ключевые слова:** цифровая подпись, хранения закрытого ключа, облачные системы, криптография, защита информации.

**Постановка проблемы.** Электронная цифровая подпись (ЭЦП) — реквизит электронного документа, полученный в результате криптографического преобразования информации с использованием закрытого ключа подписи и позволяющий установить отсутствие искажения информации в электронном документе с момента формирования подписи и проверить принадлежность подписи владельцу сертификата ключа подписи [1].

Электронная подпись предназначена для идентификации лица, подписавшего электронный документ, и является полноценной заменой (аналогом) собственноручной подписи в случаях, предусмотренных законом.

Использование электронной подписи позволяет осуществить:

— Контроль целостности передаваемого документа: при любом случайном или преднамеренном изменении документа подпись станет недействительной, потому что вычислена она на основании исходного состояния документа и соответствует лишь ему.

— Защиту от изменений (подделки) документа: гарантия выявления подделки при контроле целостности делает подделывание нецелесообразным в большинстве случаев.

— Невозможность отказа от авторства. Так как создать корректную подпись можно, лишь зная закрытый ключ, а он известен только владельцу, он не может отказаться от своей подписи под документом.

— Доказательное подтверждение авторства документа: Так как создать корректную подпись можно, лишь зная закрытый ключ, а он известен только владельцу, он может доказать своё авторство подписи под документом. В зависимости от деталей определения документа могут быть подписаны такие поля, как «автор», «внесённые изменения», «метка времени» и т. д.

Закрытый ключ является наиболее уязвимым компонентом всей криптосистемы цифровой подписи. Злоумышленник, укравший закрытый ключ пользователя, может создать действительную цифровую подпись любого электронного документа от лица этого пользователя. Поэтому особое внимание нужно уделять способу хранения закрытого ключа. Пользователь может хранить закрытый ключ на своем персональном компьютере, защитив его с помощью пароля. Однако такой способ хранения имеет ряд недостатков, в частности, защищенность ключа полностью зависит от защищенности компьютера, и пользователь может подписывать документы только на этом компьютере [2].

Поэтому одной из самых важных проблем в криптографии является проблема хранения закрытого ключа.

В данной статье рассматривается способ хранения закрытого ключа для цифровой подписи.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Последние исследования в этой области проводил Б.А. Фороузан в своей книге «Схема цифровой подписи Эль-Гамала» в разделе «Управление ключами шифрования и безопасность сети». Были предложены способы управления ключами шифрования, в частности закрытыми и открытыми ключами. Цифровая подпись не обеспечивает конфиденциальную связь. Если конфиденциальность требуется, то сообщение и подпись должны быть зашифрованы с использованием любого ключа засекречивания (криптосистема с открытым ключом) [3].

**Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы.** Нерешенной проблемой является проблема хранения закрытого ключа, как предложил Фороузан, хранение закрытого ключа на одном компьютере является не очень хорошим решением, в связи с тем, что защищенность ключа полностью зависит от защищенности компьютера, и пользователь может подписывать документы только на этом компьютере.

**Цель статьи.** Главной целью статьи является предложить способ хранения закрытого ключа криптосистемы цифровой подписи.

**Описание способа.** Идея состоит в том, что закрытый ключ разбивается на две части, одна часть будет храниться на смарт-карте у владельца цифровой подписи, а другая часть будет храниться в облаке. Когда владелец делает цифровую подпись, он использует смарт-карту, где хранится одна часть ключа, вторая часть ключа берется с облака. Для повышения безопасности информации часть ключа можно хранить зашифрованной, к тому же доступ к облаку осуществляется с помощью логина и пароля. Если же злоумышленнику каким-то образом удастся заполучить часть ключа с облака, то без части, что на смарт-карте подделать подпись будет сложно. К тому же возникает еще необходимость расшифровки полученной части, что тоже является задачей не из легких. С облака часть ключа передается зашифрованной, с помощью любого асимметричного алгоритма криптографии.

Алгоритмы асимметричного шифрования используют два ключа, которые образуют неразрывную пару. Создатель ключей оставляет один ключ себе: этот ключ на-

зывают закрытым (личным). Второй ключ публикуется. Его называют открытым (публичным). В случае асимметричного шифрования каждый субъект обмена данными должен обладать парой из закрытого и открытого ключей. Безопасность обеспечивается сложностью алгоритма, что исключает возможность получения второго компонента пары ключей, зная первый компонент.

В этом случае был выбран асимметричный алгоритм из-за того, что позволяет использовать передачу зашифрованной информации без необходимости решения задачи передачи ключа шифрования, как к примеру в симметричных алгоритмах. К тому же количество информации, передаваемой из облака, в этом случае не большое, что не будет нести значительную вычислительную нагрузку при использовании асимметричного алгоритма. Примером асимметричного алгоритма криптографии могут выступать алгоритмы основаны на RSA. Схема организации хранения закрытого ключа показана на рис. 1.

К тому же, наиболее защищенный способ хранения закрытого ключа — хранение на смарт-карте. Для того, чтобы использовать смарт-карту, пользователю необходимо не только её иметь, но и ввести PIN-код, то есть,

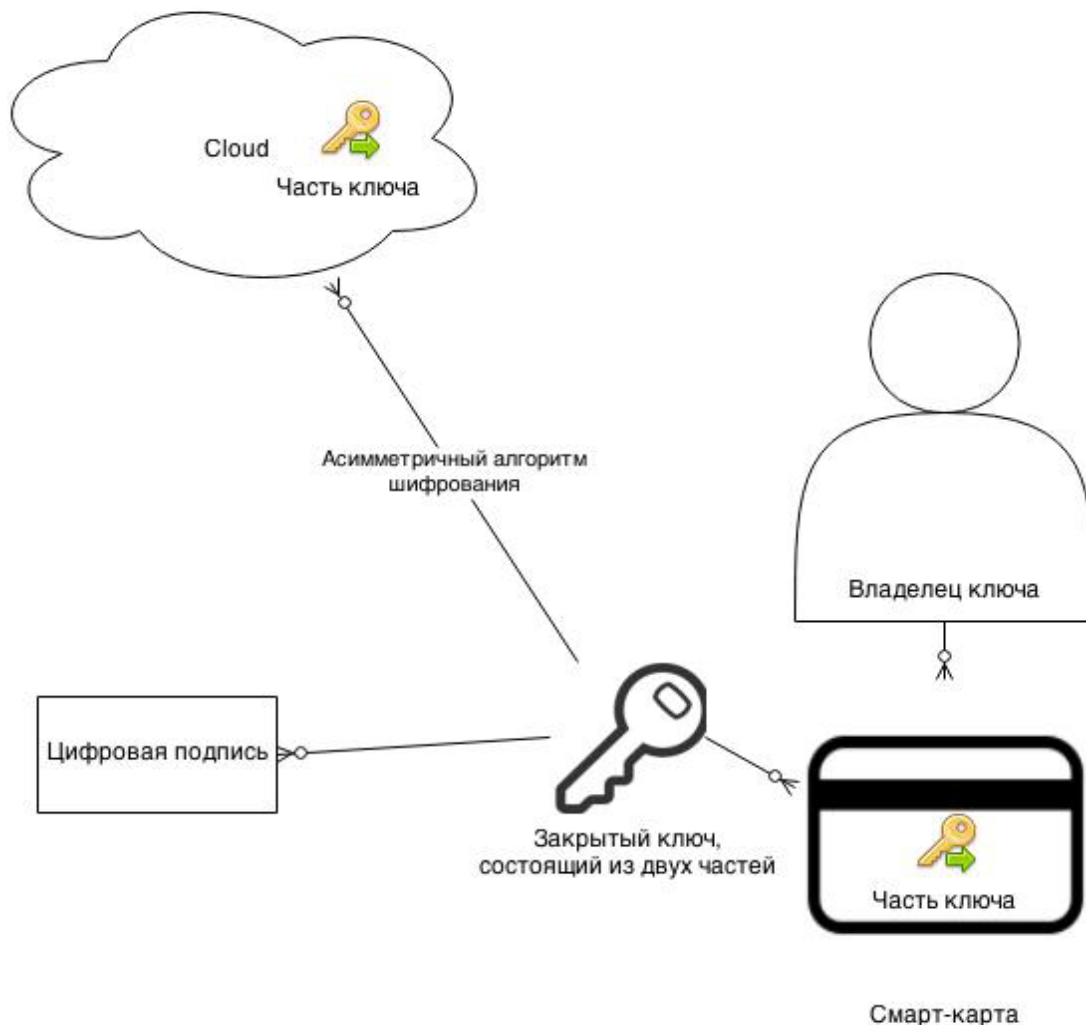


Рис. 1. Организация хранения закрытого ключа

получается двухфакторная аутентификация. Вторая часть, что в облаке передается в смарт-карту. После этого подписываемый документ или его хэш передается в карту, её процессор осуществляет подписывание хеша и передает подпись обратно. В процессе формирования подписи таким способом не происходит копирования закрытого ключа, поэтому все время существует только единственная копия ключа. Кроме того, произвести копирование информации со смарт-карты сложнее, чем с других устройств хранения [4].

Можно также использовать вместо смарт-карты и другие носители информации: USB-брелоки, таблетки Touch-Memory. Но они являются менее защищенными по сравнению со смарт-картами.

Можно также рассмотреть еще и другой вариант, когда закрытый ключ полностью хранится в облаке и цифровую подпись производит непосредственно в нем. Этот вариант показан на рис. 2. Доступ к облаку осуществляется с помощью логина и пароля. При попытке сделать цифровую подпись запрашивается pin-код, благодаря этому осуществляется двухфакторная авторизация, что значительно повышает безопасность. Этот вариант исключает необходимость иметь при себе какой либо носитель информации. И цифровую подпись можно произвести из любой машины. К тому же закрытый ключ всегда остается в облаке, что исключает возможность его перехвата злоумышленником.

Владелец цифровой подписи просто отправляет файлы, которые хочет подписать в облако, и там же эти

файлы подписываются и передаются обратно владельцу. Но тогда возникают другие проблемы, к примеру, проблема передачи «больших» файлов, которые подписываются в облако и обратно пользователю. В этом случае безопасность хранения ключа ложится на плечи поставщика таких услуг.

Еще одним уязвимым местом данного способа является момент, когда владелец хочет подписать несколько файлов, в таком случае подписанные файлы могут быть перехвачены злоумышленником для проведения попытки подделывания подписи. По этому в этом случае файлы лучше шифровать. Из-за большого объема данных, лучше взять симметричный алгоритм криптографии, а передачу ключа симметричного шифрования произвести с помощью ассиметричного алгоритма, с достаточно большой длиной ключа — 4096 битным, к примеру.

**Выводы и предложения.** В работе предложен способ хранения закрытого ключа криптосистемы цифровой подписи. Детально описана идея способа, аргументировано выбраны алгоритмы работы. Предложены разные варианты. Недостатком этого способа является постоянная необходимость доступа к интернету, так как необходимо взаимодействие с облаком. Но это не значительная плата по сравнению с возможностью безопасного хранения закрытого ключа. Дальнейшим перспективным развитием этого способа можно считать возможность разбиения закрытого ключа на несколько частей и его хранения в разных облаках, что еще больше снизит вероятность получения закрытого ключа злоумышленником.

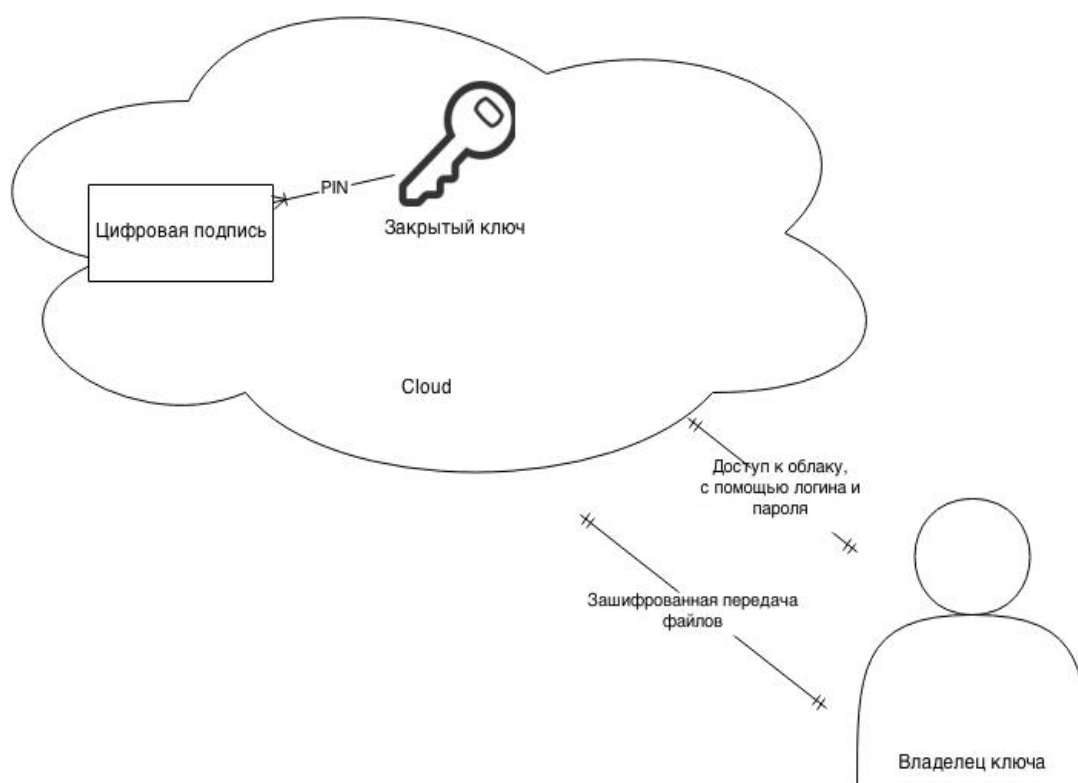


Рис. 2. Вариант хранения закрытого ключа в облаке

Литература:

1. Рябко, Б. Я., Фионов А. Н. Основы современной криптографии. — «Научный Мир», 2004. — 173 с.
2. Алферов, А. П., Зубов А. Ю., Кузьмин А. С., Черемушкин А. В. Основы криптографии. — «Гелиос АРВ», 2002. — 480 с.
3. Б. А. Фороузан Схема цифровой подписи Эль-Гамала // Управление ключами шифрования и безопасность сети/Пер. А. Н. Берлин. — Курс лекций.
4. Нильс Фергюсон, Брюс Шнайер. Практическая криптография = Practical Cryptography: Designing and Implementing Secure Cryptographic Systems. — М.: Диалектика, 2004. — 432 с.

## К задаче прогнозирования энергопотребления с помощью нейронных сетей

Кулбараков Максим Абдрасулович, магистрант  
Сибирский федеральный университет (г. Красноярск)

*Ключевые слова:* нейронные сети, прогнозирование, моделирование, энергопотребление

**Введение.** В настоящее время на предприятиях осуществляется контроль различных показателей электрическими средствами, с помощью химического или физического анализа и т.д. От способа измерения зависит дискретность контроля и своевременность получения значений. В случае прогнозирования энергопотребления необходимо иметь данные о таких характеристиках как температура и потребляемая мощность за один час. Рассматриваемые характеристики измеряются электрическими средствами, т.е. дискретность контроля мала, и результаты можно использовать незамедлительно. Однако стоит задача обработки большого количества информации. В данной работе предлагается использовать нейронные сети для получения значения энергопотребления, обучение которой происходит по методу обратного распространения ошибки. Также проведено сравнение рассматриваемого метода с встроенным методом для построения нейронной сети программного пакета Matlab.

**Обучение нейронной сети по методу обратного распространения ошибки.** Основная идея этого метода состоит в распространении сигналов ошибки от выходов сети к её входам, в направлении, обратном прямому распространению сигналов в обычном режиме работы. Для возможности применения метода обратного распространения ошибки передаточная функция нейронов должна быть дифференцируема. Метод является модификацией классического метода градиентного спуска.

Прогнозирование с помощью нейронной сети методом обратного распространения ошибки происходило в несколько этапов:

Этап 1. Инициализация и исходные данные. Исходные данные по энергопотреблению имеют значения за период с 01.01.2010 по 31.03.2011. Обучение сети, то есть определение весов и смещений для всех нейронов выполняется на периоде значений с 01.01.2010 по 31.12.2010. В качестве тестового был выбран период с 01.01.2011 по 31.03.2011.

Этап 2. Предварительная обработка исходных данных. Нейронная сеть работает со значениями временных рядов от 0 до 1. Исходные значения энергопотребления в массиве выходят далеко за этот диапазон. Для использования нейронной сети необходимо предварительно нормировать исходный временной ряд, как показано на рис. 1.

Этап 3. Настройка нейронной сети. Для прогнозирования использовалась трехслойная полносвязная нейронная сеть (рис. 2).

В результате эксперимента было выявлено, что наилучший результат получается, если на вход нейронной сети подается 24 значения за двое предыдущих суток, скрытый слой после нескольких попыток стал содержать 72 нейрона, а на выходе мы получаем 24 спрогнозированных значений энергопотребления на будущие сутки (рис. 3).

Этап 4. Обучение сети. Двойной цикл по эпохам и внутренней корректировки был взят из примера Хайкина [1]. Такое обучение называется обучением нейронной сети по методу «back propagation error» (обратное распространение ошибки).

Этап 5. Тестовое прогнозирование. На пятом этапе формируется тестовый массив и прогнозируются значения энергопотребления с помощью полученной нейронной сети (рис. 3). При подаче на вход нейронной сети 48 значений энергопотребления график модели и объекта имеют вид, представленный на рис. 3.

Количество эпох обучения 600. О качестве полученной модели будем судить по значению средней абсолютной ошибке в процентах (MAPE).

Ошибка прогнозирования MAPE в данном случае получилась равной 13.725%. Судя по величине ошибки модель адекватно описывает поведение объекта.

На рис. 4 представлен график модели и объекта, при подаче на вход нейронной сети 24 значения энергопотребления, т.е. при прогнозе учитываем предыдущие сутки.

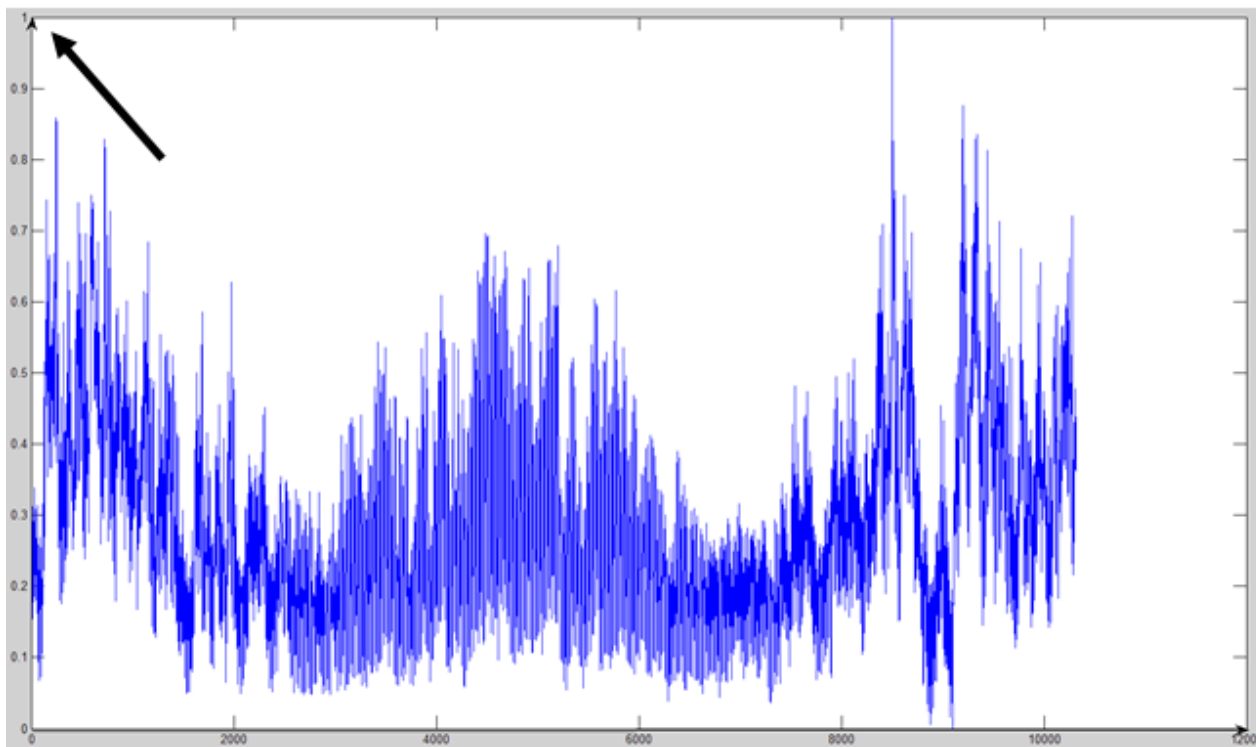


Рис. 1. График нормированных значений энергопотребления

Количество эпох обучения 600. Величина MAPE оставила около 10.8845%, что показывает в целом адекватность разработанной нейросетевой модели прогнозирования. Созданная нейронная сеть обучается очень быстро: от 60 до 120 секунд в зависимости от мощности компьютера.

**Использование встроенного функционала Matlab для построения нейронной сети.** Для реализации ней-

ронно-сетевых концепций разработано большое количество специализированных программных средств. Пакет фирмы «The MathWorks» MATLAB также предоставляет пользователям возможность работы с нейронными сетями. Использование «Neural Network Toolbox» совместно с другими средствами MATLAB открывает широкий простор для эффективного комплексного использо-

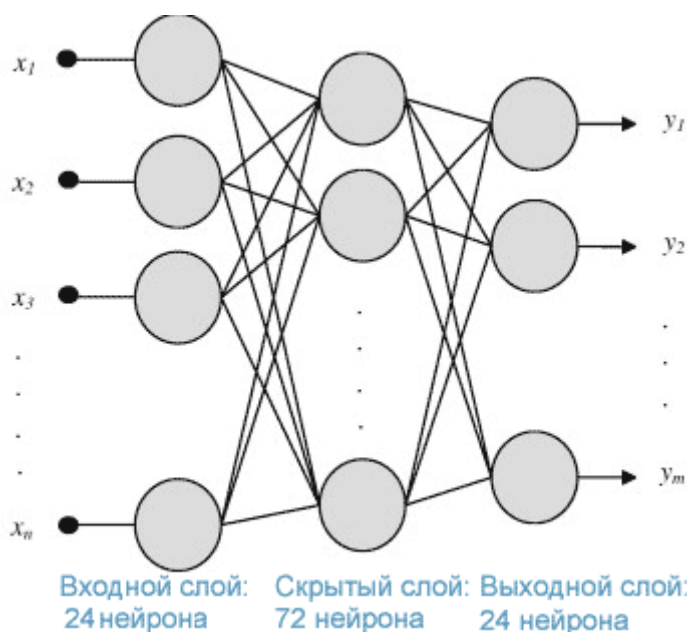


Рис. 2. Структура нейронной сети



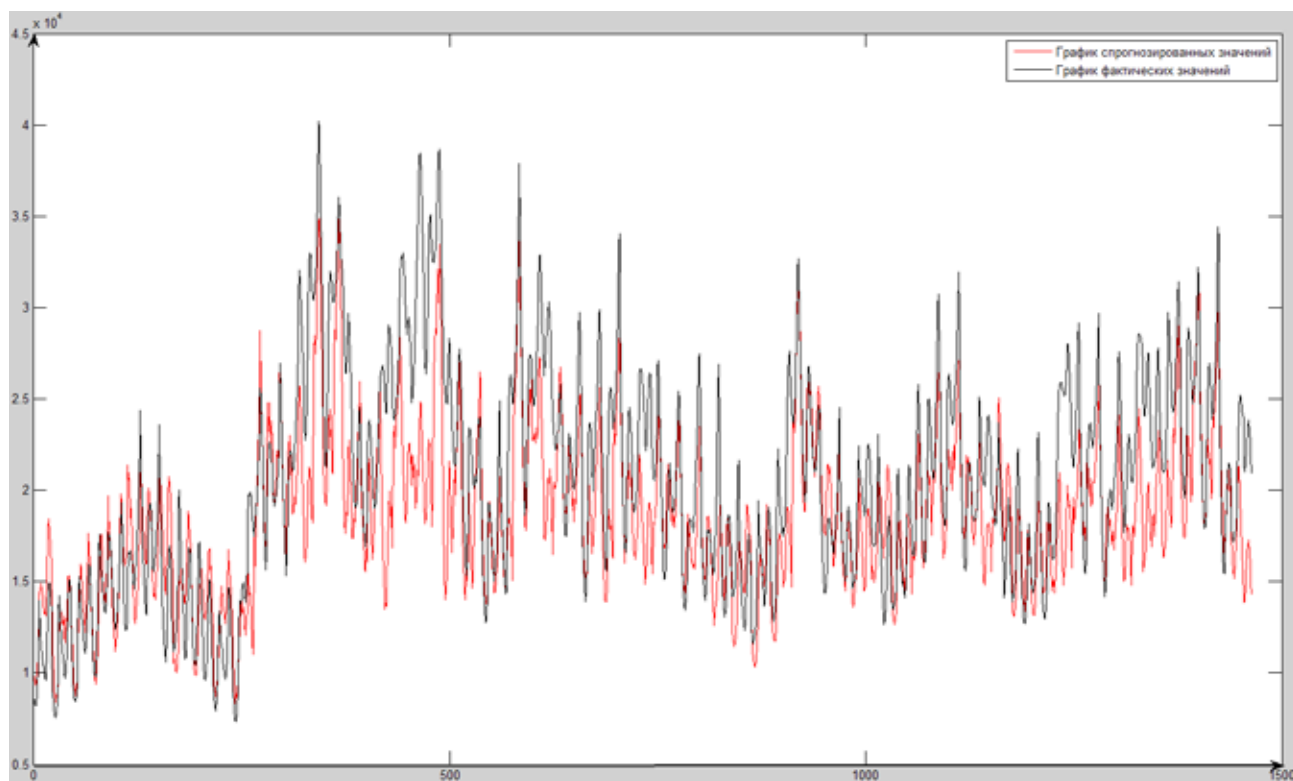


Рис. 3. График фактического и спрогнозированного значения

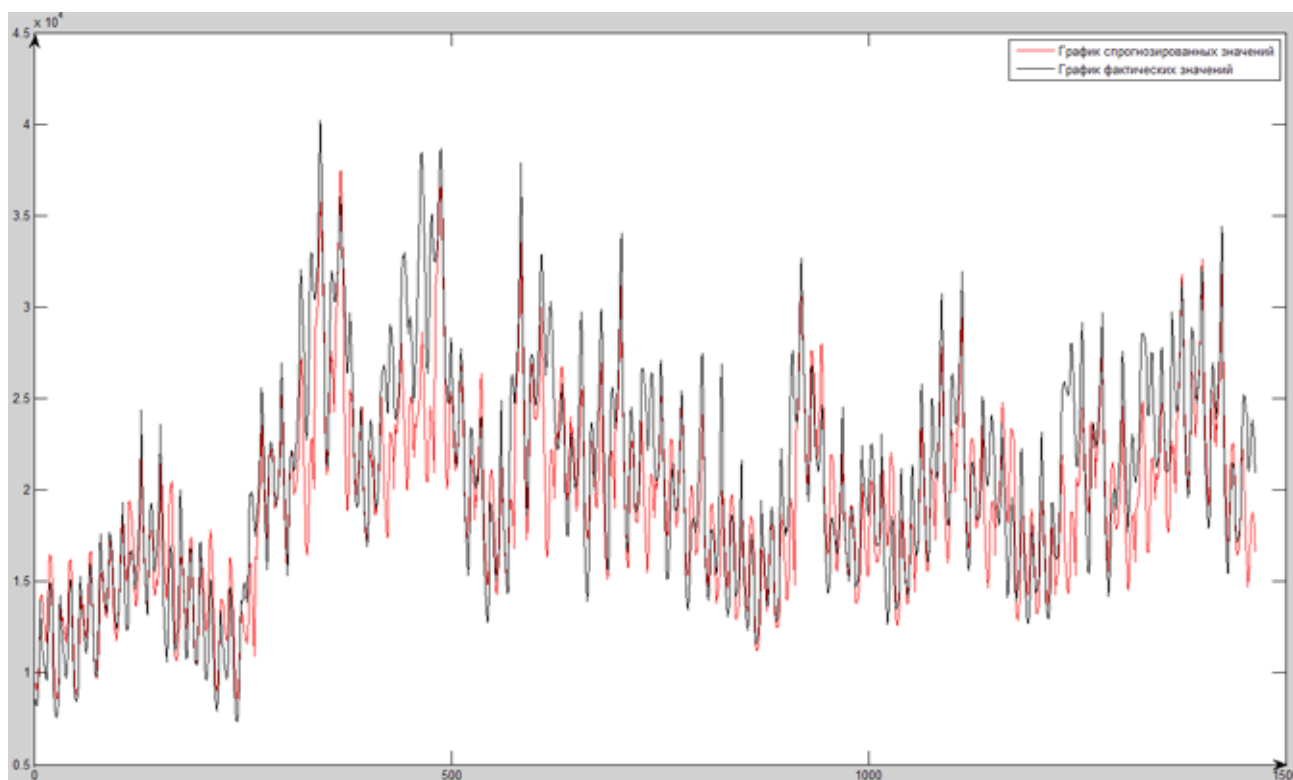


Рис. 4. График фактического и спрогнозированного значения

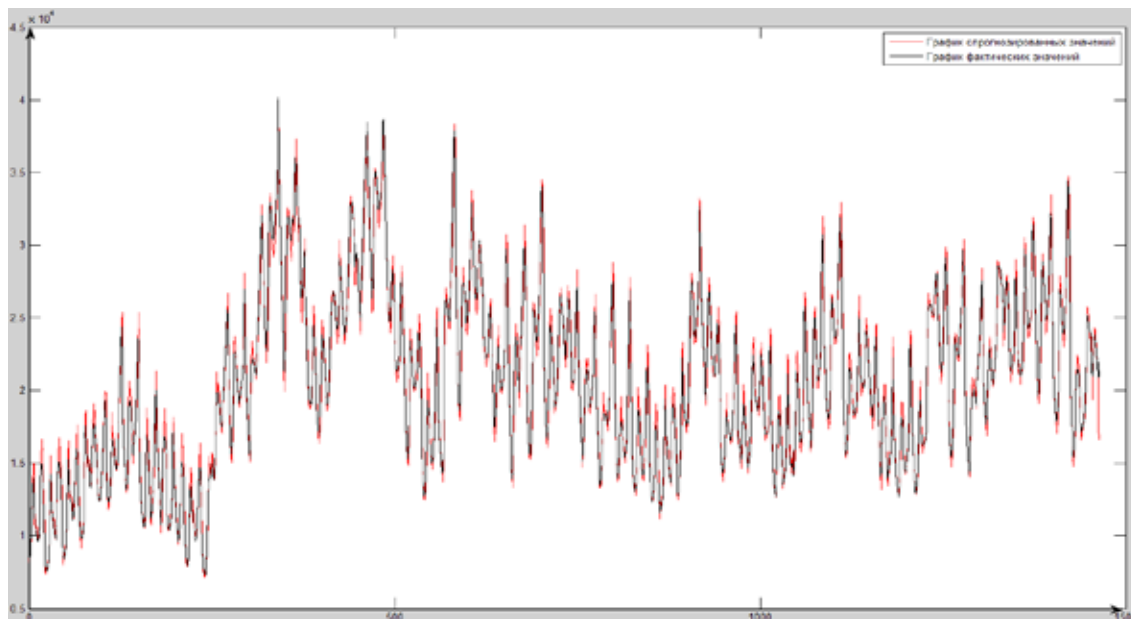


Рис. 5. График модели и объекта

вания современных математических методов для решения самых разных задач прикладного и научного характера.

Для построения модели прогнозирования энергопотребления был доработан типовой функционал среды Matlab. Обучение сети происходило с помощью алгоритма Левенберга-Маркуардта. Обучающая выборка составляла 80% от всего объема выборки. Тестовая выборка 20%. Полный объем выборки равен 10320 значениям энергопотребления на каждый час.

На рис. 5 изображен график прогнозирования энергопотребления методом нелинейной авторегрессии (NAR).

В этом случае на вход подавались значения только энергопотребления. Для прогноза следующего значения энергопотребления использовались ранее спрогнозированные значения.

Величина MAPE составила 3.32652%, что показывает адекватность разработанной нейросетевой модели прогнозирования. Однако это далеко не предел точности. Предлагается при обучении сети использовать метод не-

линейной авторегрессии с расширенным входом. Помимо энергопотребления на вход также подается температура.

Ошибка прогнозирования MAPE, с использованием метода нелинейной авторегрессии с расширенным входом, составила всего 2.46294%. При таких небольших значениях ошибки разница с предыдущим методом обучения нейронной сети весьма ощутима. При прогнозировании энергопотребления борьба за десятые доли процентов ведется постоянно, так как, например, расходы на покупку электроэнергии напрямую зависят от точности прогноза собственного энергопотребления.

**Заключение.** Прогнозирование временных рядов энергопотребления показало высокую эффективность реализованных моделей. Значения ошибки прогнозирования MAPE при обучении сети методом обратного распространения ошибки лежит в пределах от 10.8% до 13%, что сравнительно хуже значений, полученных при помощи новейших методов обучения нейронной сети.

Литература:

1. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс/С. Хайкин. — М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2008. — 1104 с.

## К проблеме анализа данных при построении моделей многомерных систем

Кулбараков Максим Абдрасулович, магистрант  
Сибирский федеральный университет (г. Красноярск)

При разработке и исследовании компьютерных систем моделирования в условиях неполной информации мы часто сталкиваемся с наличием различной дискретности контроля «входных-выходных» переменных исследуемого процесса. Подобная ситуация часто возникает при изучении дискретно-непрерывных процессов в технологии, экономике и др. В итоге, исследователь имеет дело с данными, которые могут быть представлены на нижеследующей таблице. Из таблицы следует, что выходная переменная  $y$  контролируется реже, чем входная  $x$

Итак, пусть дана выборка, состоящая из  $s$  независимых наблюдений случайных величин  $(\bar{x}, y)$ . При наличии случайных помех, действующих в каналах измерения, где  $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_m)$ , имеются  $s$  измерений входной величины  $\bar{x}$ . Измерение входной и выходной переменных производятся с разной дискретностью: дискретность измерений  $\bar{x}$  обозначим  $\Delta t$ , по  $y - \Delta T$ , причем имеет место соотношение:  $\Delta t < \Delta T$ . Данные обладают неполнотой по  $y$ . Ставится задача восстановления значений выхода и определения целесообразности их использования для задачи моделирования. Таким образом, важно ответить на вопрос: будет ли оценка регрессии с использованием восстановленных  $y$  точнее, чем оценка по исходной матрице наблюдений при отбрасывании незаполненных строк в исходной выборке?

Для восстановления значений выхода использовалась непараметрическая оценка функции регрессии [1]:

$$y_s(x_1, x_2, \dots, x_m) = \frac{\sum_{i=1}^s y_i \prod_{j=1}^m \Phi\left(\frac{x_j - x_{ij}}{Cs(j)}\right)}{\sum_{i=1}^s \prod_{j=1}^m \Phi\left(\frac{x_j - x_{ij}}{Cs(j)}\right)}, \quad (1)$$

где  $\Phi(\cdot)$  — ядерная колоколообразная функция и параметр размытости  $Cs$  удовлетворяют некоторым условиям сходимости [1, 2].

Методика восстановления недостающих измерений в исходной матрице наблюдений состоит в следующем. Сначала восстанавливается функция регрессии по наблюдениям, полностью представленным в исходной матрице измерений, то есть по полностью заполненным строкам в результате эксперимента. Там, где наблюдения  $y$  пропущены, в оценку  $y_s(x_1, x_2, \dots, x_m)$  (1) подставляем значения измеренных  $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_m)$  и вычисляем соответствующую оценку  $y_s$ , которой восполняем недостающее наблюдение  $y$ . Следующий этап восстановления зависимости  $y$  от  $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_m)$  состоит в построении непараметрической оценки по всей имеющейся (заполненной) матрице наблюдений. Настройка непараметрической оценки функции регрессии по параметру размытости осуществляется в режиме скользящего экзамена при минимизации среднеквадратической ошибки аппроксимации.

Таким образом, при наличии пропусков необходимо дополнить недостающие строки оценками соответствующих переменных. Как показало достаточно объемное численное исследование изложенного метода, этот прием целесообразно использовать, если доля пропусков более 30% и менее 80% от объема исходной выборки.

Результаты вычислений иллюстрируются на рис. 1 и рис. 2, где показана квадратичная ошибка приближения функции регрессии по незаполненной (рис. 1) и заполненной (рис. 2) при произвольных значениях вектора  $\bar{x} = (x_1, x_2, x_3)$  из куба  $[0;3]$ .

Как видно из проведенного эксперимента, восстановление зависимости  $y = f(x)$  по заполненной матрице наблюдений оказывается более точным, чем по незаполненной.

Дадим краткую характеристику активным системам, которые можно моделировать на основе предлагаемой методике. К активным процессам относятся такие, которые протекают с участием человека или коллективов людей, а именно: объекты промышленности, коммерческие структуры, региональное образование и многие другие. Характерной особенностью последних являются неполнота априорных данных, неопределенность, взаимосвязанность, трудность формирования согласованных целей и способов их достижения и др. Неполнота априорных сведений приводит к необходимости формулировать те или иные задачи локального характера в различных, принципиально отличающихся постановках, а их объединение в единую систему представляет серьезные теоретические трудности. В частности, задача управления организацией, коллективами во многом остается в большей степени искусством, чем наукой. Обусловлено это тем, что присутствие человека (коллектива) в исследуемом процессе требует учета ряда факторов, а именно: морального, психологического, престижного и других черт и особенностей, свойственных человеку, наиболее важным из которых является искажение информации о своих возможностях, целях, способах и средствах их достижения. Тот или иной организационный процесс можно моделировать, например, по схеме, представленной на рисунке 4.

На рис. 4 приведена часть системы, элементы которой могут соответствовать различным блокам (технологическим процессам, узлам, отделам обработки и управления). Среди объектов ( $O_i$ ) могут быть как вполне технические, автоматизированные узлы производства, так и блоки, сами по себе являющиеся организационной системой или объ-

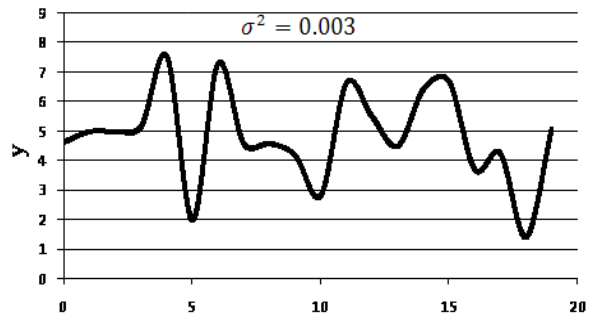


Рис. 2. Восстановление по незаполненной матрице наблюдения

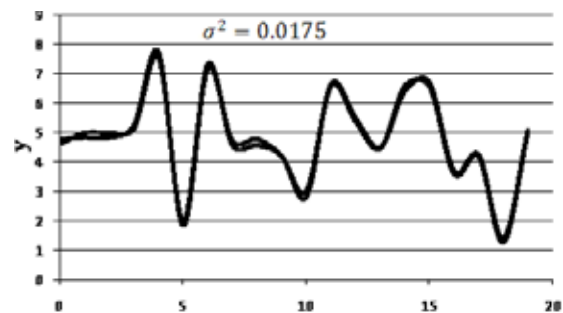


Рис. 3. Восстановление по заполненной матрице наблюдения

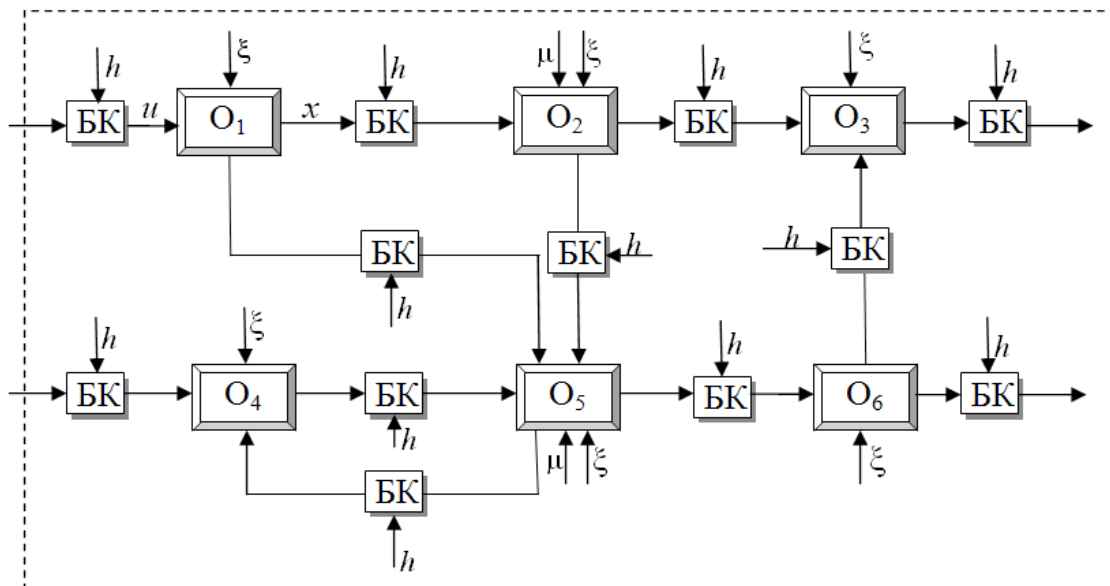


Рис. 4. Схема фрагмента исследуемой системы

ектом с участием ЛПР. Блоки контроля (БК) представляют собой измерительные устройства разнообразного характера. Самыми надежными данными могут считаться те, которые получены электрическим способом, но существует и множество других, которые получены в результате химических анализов, технологических испытаний, измерений показателей согласно нормативным актам и прочие. Измерения некоторых переменных в активных системах сопряжено с непосредственным участием человека или экспертов. Вследствие этого возникает необходимость использования различных шкал измерения. Таким образом, задача данной схемы — показать связь разнотипных блоков между собой, где «входные — выходные» характеристики ( $u, x$ ) взаимно влияют друг на друга, имеют разную природу, измеряются различными способами и имеют разную дискретность.

Важной составляющей моделирования сложных систем является необходимость работы со случайными помехами, распределенными по конкретному закону. В [4] достаточно подробно изложен метод генерации случайных чисел, распределенных по заданному закону. В настоящее время получены генераторы случайных чисел, распределенных по законам нормальному, Вейбулла, логнормальному, Лапласа и др. На рис. 5 показана гистограмма для закона Лапласа, построенная на основе выборки объемом  $N = 500$ , количества подынтервалов  $k = 25$ , порядка малости  $\epsilon = 0,005$  [5]. Получившаяся оценка параметра  $\hat{\lambda} = 1,00049$  при заданном значении параметра  $\lambda = 1$ .

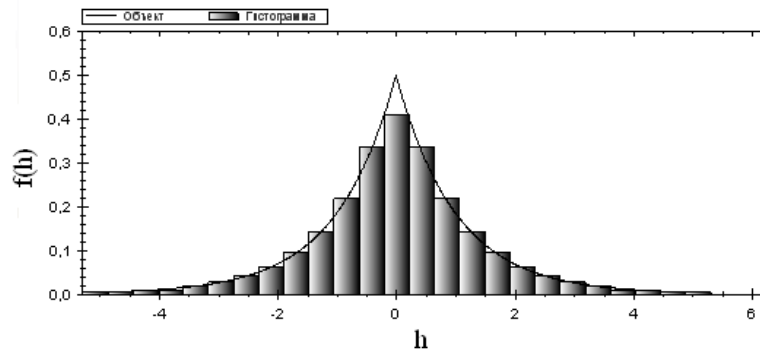


Рис. 5. Гистограмма распределения чисел по закону Лапласа

Рассмотренные выше методы заполнения исходных матриц наблюдений входных выходных переменных и использование датчиков случайных чисел распределенных по различным законам в каналах измерения целесообразно использовать в задачах моделирования организационных процессов.

#### Литература:

1. Надарая, Э.А. Непараметрическое оценивание плотности вероятностей и кривой регрессии. — Тбилиси, Издательство Тбилисского Университета, 1983. — 194 с.
2. Медведев, А.В. Непараметрические системы адаптации. — Новосибирск, Наука, 1983.
3. Медведев, А.В. Теория непараметрических систем. Моделирование/А.В. Медведев // Вестник: СибГАУ. Вып. 4, 2010. — с. 46–53.
4. В.Ф. Первушин, Н.А. Сергеева, А.В. Стрельников. Прецизионный генератор случайных чисел // Вестник: СибГАУ. Вып. 5, 2010. — с. 86–91.
5. Н.А. Сергеева, М.В. Цепкова, Е.А. Чжан. П — генератор случайных чисел по закону Лапласа/Материалы XV-ой Международной конференции «Решетневские чтения»// Красноярск: изд-во СибГАУ, 2011. — с. 78–79.

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

### Синтез и исследование многокомпонентных металлооксидов, полученных методом золь-гель

Абрашова Екатерина Викторовна, аспирант;  
Фоминых Анатолий Кириллович, студент

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

*Ключевые слова:* золь-гель, титанат бария, спектроскопия импеданса.

Функциональные многокомпонентные оксиды находят широкое применение в различных областях микро- и нанoeлектроники. Сложность получения многокомпонентных систем из расплавов связаны с физико-химическими особенностями взаимодействия компонентов, определяемыми различными диаграммами состояния. Этим сложностям можно избежать, используя низкотемпературные методы, например, золь-гель. Этот метод, благодаря своей уникальности позволяет прецизионно рассчитать составы сложных композиций на основе силикатов, фосфатов, и других твердых растворов, которые затруднительно получить другими методами [1–3].

Разнообразие форм получаемых материалов позволяет широко использовать метод золь-гель для получения газочувствительных структур [4–6], прозрачных функциональных покрытий на основе [7–9], функциональных иерархических структур [10–12], различных защитных и функциональных покрытий [13–15] разных видов керамики [16, 17].

В настоящей работе методом золь-гель были получены тонкие пленки многокомпонентных оксидов на основе титаната бария для исследования возможности использования их в твердотельных устройствах охлаждения, принцип работы которых основан на электрокалорическом эффекте. Твердотельные охладители на основе термокалорических эффектов, в особенности электрокалорического, рассматриваются как наиболее перспективная, безопасная и экологичная альтернатива традиционным источникам охлаждения. На сегодняшний день ведется поиск решений увеличения эффективности таких устройств путем, как поиска новых материалов, так и различной технической реализации отбора тепла с помощью систем на основе термокалорических эффектов [18, 19]. Так же все еще остается актуальной проблема непосредственного измерения собственно

электрокалорического эффекта, что является нетривиальной задачей.

Для исследования возможности получения электрокалорического эффекта на основе прогнозирования физических свойств с помощью треугольника Гиббса была выбрана система  $(\text{Ba}_x\text{Ca}_{1-x})\text{TiO}_3 \cdot \text{Ba}(\text{Sn}_y\text{Ti}_{1-y})\text{O}_3$ . Целью данной работы являлось исследование зависимости влияния изменения состава на морфологию и электрофизические характеристики исследуемого материала.

Морфология исследовалась методом атомно-силовой микроскопии (АСМ), одним из наиболее информативных методов исследования поверхности тонких пленок [20, 21]. Исследования электрофизических параметров проводилось широко известным методом спектроскопии импеданса [22, 23]. Электрические свойства пленок исследовались на приборах Z500P (Elmos) при температурах в диапазоне от 20 до 310°C при атмосферном давлении рис. 1.

Тонкие пленки были получены из растворов солей металлов ацетатов бария кальция и олова. В качестве источника титана и структурообразующего вещества использовался изопропоксид титана. Для поддержания стабильности раствора и создания необходимой вязкости в качестве жидкой среды использовались 2-метоксиэтанол и этиленгликоль. Раствор дозатором наносился на подложки, центрифугировался и отжигался при температуре 600°C.

На рисунке 2 приведен типичный для изучаемых структур набор годографов при различных температурах. Особо отметим, что ниже 200°C (вблизи точки Кюри) вид годографа при увеличении температуры становится более крутой, в то время как выше этой температуры кривая при увеличении температуры становится более пологой. Так же можно заметить, что при температуре близкой к 250°C происходит изменение характера кривых. При температуре ниже 220°C вид зависимости





Рис. 1. Схема расположения электродов на образце при исследовании методом спектроскопии импеданса. (М — металлический электрод)

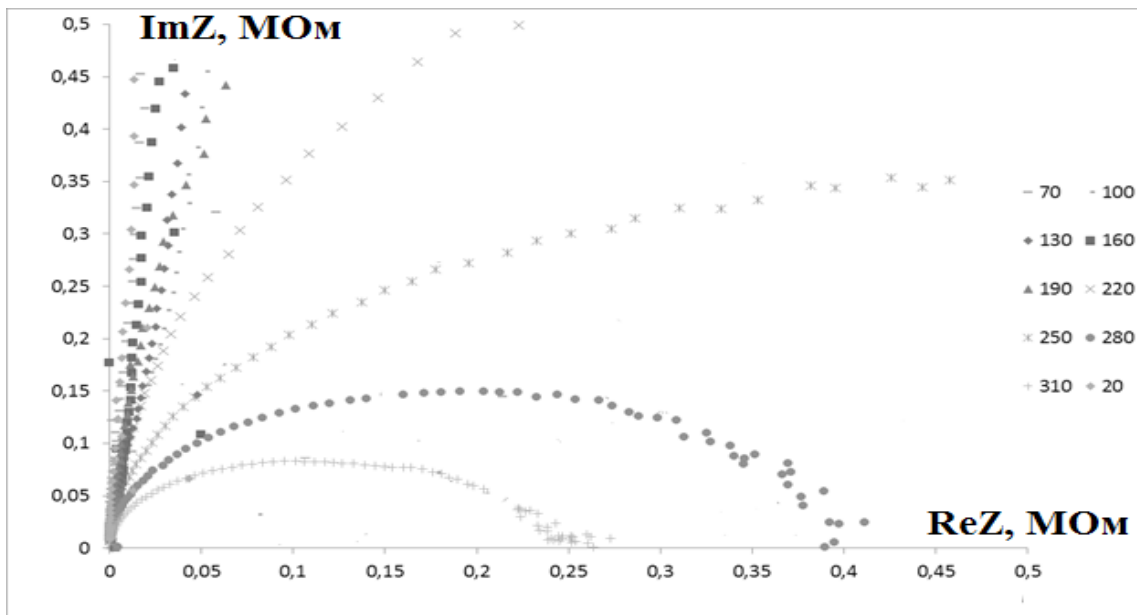


Рис. 2 Общий вид годографа для различных температур

можно представить как сумму прямой и окружности. При температуре, превышающей 280°C, характер кривой можно описать 2-мя полуокружностями. Подобные изменения могут свидетельствовать о достижении точки Кюри для одного или нескольких соединений. Это подтверждается тем, что данная точка изменяется в зависимости от состава.

Более подробно зависимость мнимой части сопротивления от температуры представлена на рис. 3. Анализируя набор зависимостей мнимой части сопротивления от температуры для различных частот, стоит отметить, что при увеличении частоты влияние температуры на свойства образца носит менее выраженный характер. Это можно объяснить тем, что на низких частотах вклад реактивной составляющей более заметен.

Это говорит о наличии замедленных видов поляризации, предположительно дипольно-релаксационных. При увеличении частоты их вклад снижается за счет большой инерционности. На рис. 3 можно наблюдать, что присутствие релаксационных процессов наиболее выражено в диапазоне температур 200–250°C, близкой к температуре Кюри для данных соединений.

На рисунках 4 и 5 исследована зависимость влияния температуры на электрические свойства структур для различных составов. Из анализа зависимостей видно, что с увеличением температуры вклад реактивной составляющей сопротивления растет, причем при меньшем содержании кальция по отношению к барию изменение более выражено. Для состава №1 (Ba<sub>0,8</sub>Ca<sub>0,2</sub>)TiO<sub>3</sub>\*Ba(Sn<sub>0,12</sub>Ti<sub>0,88</sub>)O<sub>3</sub> при нагревании от 20 до 200°C на частоте

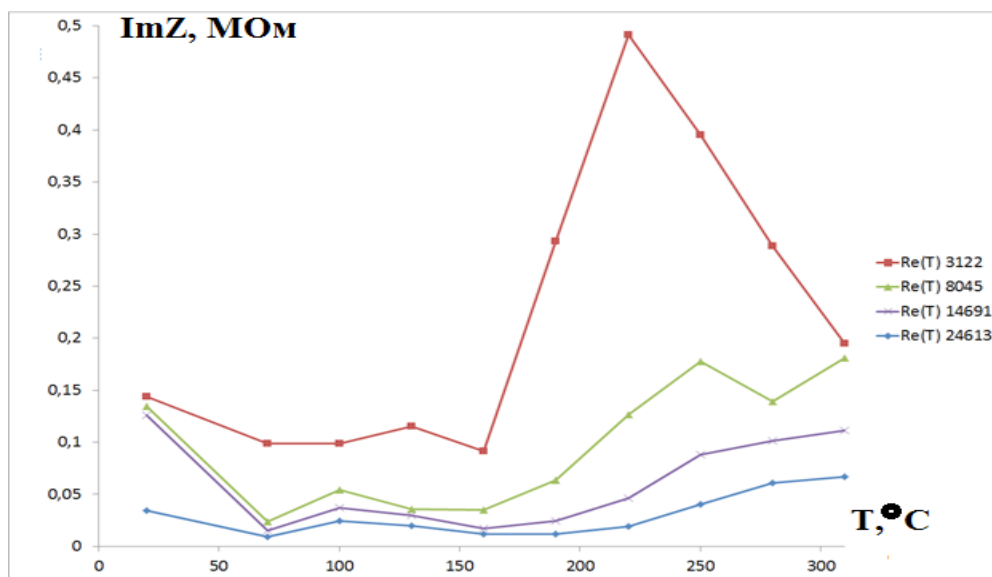


Рис. 3. Зависимость мнимой части сопротивления образца от температуры для набора частот

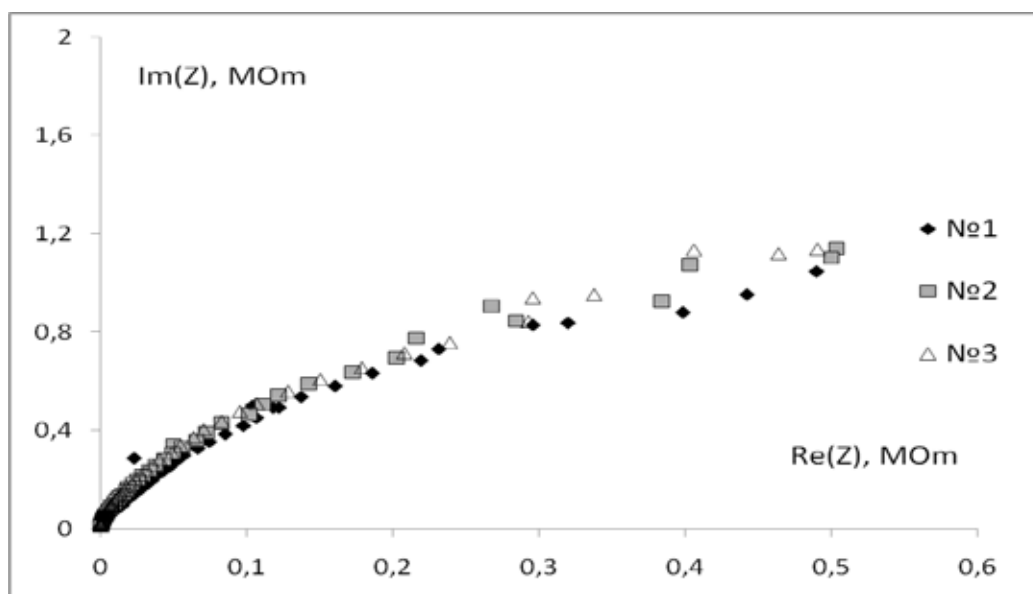


Рис. 4. Зависимость мнимой части комплексного сопротивления от действительной части при комнатной температуре для различных составов: №1 —  $(\text{Ba}_{0.8}\text{Ca}_{0.2}\text{Ti}_{0.3})^*\text{Ba}(\text{Sn}_{0.12}\text{Ti}_{0.88})\text{O}_3$ ; №2 —  $(\text{Ba}_{0.7}\text{Ca}_{0.3})\text{Ti}_{0.3}^*\text{Ba}(\text{Sn}_{0.12}\text{Ti}_{0.88})\text{O}_3$ ; №3 —  $(\text{Ba}_{0.6}\text{Ca}_{0.4})\text{Ti}_{0.3}^*\text{Ba}(\text{Sn}_{0.12}\text{Ti}_{0.88})\text{O}_3$

4 кГц изменение реактивной части комплексного сопротивления составляет от 0,75 до 1,6 МОм, а для состава №3 —  $(\text{Ba}_{0.6}\text{Ca}_{0.4})\text{Ti}_{0.3}^*\text{Ba}(\text{Sn}_{0.12}\text{Ti}_{0.88})\text{O}_3$  на той же частоте измерений мнимая часть изменяется от 0,75 до 0,78 МОм. В связи с этими данными можно говорить о том, что формирование структур, отвечающих замедленным процессам поляризации (предположительно, диполей) происходит преимущественно с участием атомов бария, в то время как увеличение доли кальция увеличивает тем-

пературную стабильность электрических свойств исследуемой структуры.

Таким образом, в работе исследованы электрофизические свойства структур на основе титаната бария. Выявлено, что реактивная составляющая комплексного сопротивления обусловлена содержанием соединений бария, а соединения кальция влияют на температурную стабильность пленок.

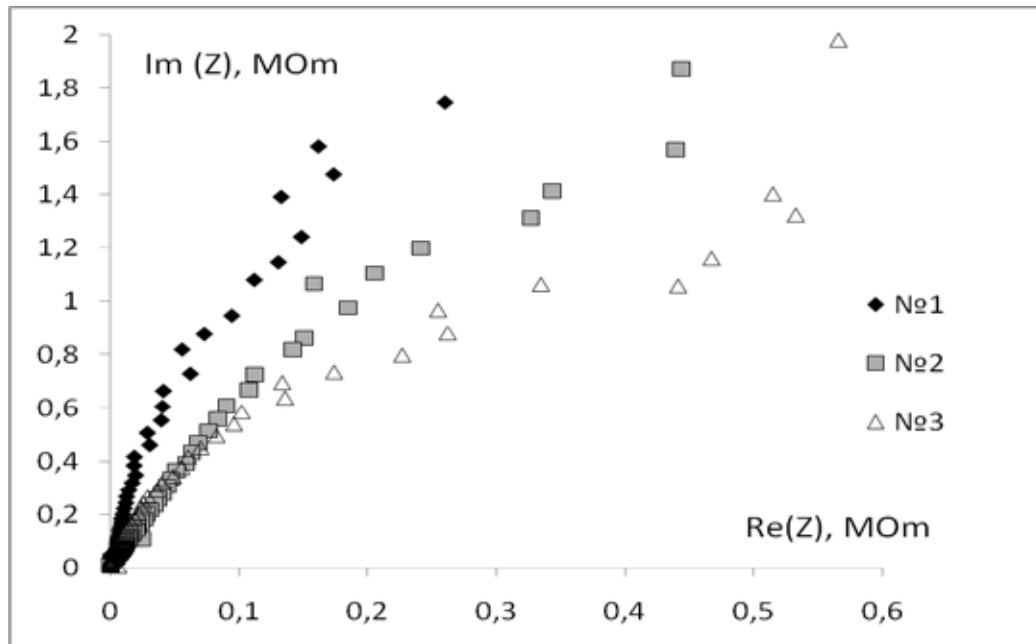


Рис. 5. Зависимость мнимой части комплексного сопротивления от действительной части вблизи предполагаемой температуры Кюри для различных составов: №1 —  $(\text{Ba}_{0.8}\text{Ca}_{0.2})\text{TiO}_3 \cdot \text{Ba}(\text{Sn}_{0.12}\text{Ti}_{0.88})\text{O}_3$ ; №2 —  $(\text{Ba}_{0.7}\text{Ca}_{0.3})\text{TiO}_3 \cdot \text{Ba}(\text{Sn}_{0.12}\text{Ti}_{0.88})\text{O}_3$ ; №3 —  $(\text{Ba}_{0.6}\text{Ca}_{0.4})\text{TiO}_3 \cdot \text{Ba}(\text{Sn}_{0.12}\text{Ti}_{0.88})\text{O}_3$

#### Литература:

1. В. А. Жабрев, В. А. Мошников, Ю. М. Таиров и др./Золь-гель технологии: Уч. Пособие, СПб, 2005г, 156 с.
2. Арсентьев, М. Ю., Тихонов П. А., Калинина М. В., Цветкова И. Н., Шилова О. А. Синтез и физико-химические свойства электродных и электролитных наноконкомпозитов для суперконденсаторов // Физика и химия стекла, 2012, т. 38, №5, с. 653–664.
3. Тихонов, П. А., Арсентьев М. Ю., Калинина М. В. Наноразмерные пленки на основе диоксидов циркония и церия // Физика и химия стекла, 2010, т. 36, №2, с. 289–296.
4. С. С. Карпова, В. А. Мошников, С. В. Мякин и др./Функциональный состав поверхности и сенсорные свойства  $\text{ZnO Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{ZnFe}_2\text{O}_4/\text{ФТП}$ , 2013, том 47, вып. 3, с. 369–372
5. А. С. Божинова, Н. В. Канева, И. Е. Кононова, С. С. Налимова и др./Изучение фотокаталитических и сенсорных свойств наноконкомпозитных слоев  $\text{ZnO-SiO}_2/\text{ФТП}$ , 2013, том 47, вып. 12, с. с 1662–1666
6. E V Abrashova, I E Gracheva, V A Moshnikov/Functional nanomaterials based on metal oxides with hierarchical structure./Journal of Physics: Conference Series 461 (2013) 012019 doi:10.1088/1742–6596/461/1/012019
7. Д. М. Воробьев, Н. В. Пермяков/Установка для измерения газочувствительных слоев методом спектроскопии импеданса/Молодой учены, 2014, №8, с. 15–20.
8. Абрашова, Е. В./Особенности формирования прозрачных тонкопленочных покрытий на основе соединений оксидов металлов олова и цинка золь-гель методом/Молодой ученый, 2013, №2, с. 1–4.
9. Е. В. Абрашова, М. В. Барановский/Получение и анализ спектральных характеристик наноконкомпозитов на основе широкозонных проводящих металлоксидов системы  $\text{ZnO-SnO}_2\text{-SiO}_2/\text{Известия ЛЭТИ}$ , 05, 2013г, с. 16–21
10. Moshnikov, V. A., Gracheva I. E., Kusnezov V. V., Maximov A. I., Karpova S. S., Ponomareva A. A./Hierarchical nanostructured semiconductor porous materials for gas sensors/Journal of non-crystalline solids, 2010, Т. 356, №37–40, p. 2020–2025,
11. Грачева, И. Е., Мошников В. А./Наноматериалы с иерархической структурой пор: Учеб. пособие./СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2011. 107 с.
12. Грачева, И. Е., Мошников В. А., Абрашова Е. В. // Обобщение результатов анализа величины фрактальной размерности золь-гель пористых иерархических структур// Материаловедение, 2013, №6, с. 13–22.
13. Шаповалов, В. И., Шилова О. А., Смирнова И. В. и др./Модифицирование поверхности стекла пленкой диоксида титана, синтезированной золь-гель методом/Физика и химия стекла. 2011. Т. 37. №2. с. 201–209

14. Шилова, О. А., Хашковский С. В., Хамова Т. В., Пугачев К. Э. // Электрофорез в золь-гель технологии формирования гетерофазных покрытий // Физика и химия стекла. 2011. Т. 37. №5. с. 95–99
15. Abrashova, E. V., Gracheva I. E., Moshnikov V. A. // Metal oxide SnO<sub>2</sub> — ZnO — SiO<sub>2</sub> films prepared by sol-gel/Smart Nanocomposites, V. 4, I 2, 2014, p-1–7
16. Шилова, О. А., Антипов В. Н., Тихонов П. А., Кручинина И. Ю., Арсентьев М. Ю., Панова Т. И., Морозова Л. В., Московская В. В., Калинина М. В., Цветкова И. Н. Керамические наноконкомпозиты на основе оксидов переходных металлов для ионисторов // Физика и химия стекла, 2013, т. 39, №5, с. 803–815.
17. Тихонов, П. А., Калинина М. В., Арсентьев М. Ю., Пугачев К. Э. Протонопроводящая керамика и тонкие пленки на основе цирконатов La и Sm // Физика и химия стекла, 2012, т. 38, №4, с. 553–564.
18. А. В. Еськов, С. Ф. Карманенко, О. В. Пахомов, А. С. Старков/Моделирование твердотельного охладителя с электрокалорическими элементами/Физика твердого тела, 2009, том 51, вып. 8, с. 1483–1486
19. А. А. Семенов, О. В. Пахомов, П. Ю. Белявский, А. В. Еськов, С. Ф. Карманенко, А. А. Никитин/Исследование динамики электрокалорического отклика в сегнетоэлектриках с применением ферромагнитного резонатора/Журнал технической физики, 2012, том 82, вып. 1, с. 59–62
20. В. А. Мошников, Ю. М. Спивак, П. А. Алексеев, Н. В. Пермяков/Атомно-силовая микроскопия для исследования наноструктурированных материалов и приборных структур/СПб, Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014. 144 с.
21. Н. А. Лашкова, Н. В. Пермяков/Исследование полупроводниковых материалов методом микроскопии сопротивления растекания/Молодой ученый, 2014, №10, с. 32–35.
22. Мошников, В. А., Грачева И. Е., Аньчков М. Г./Исследование наноматериалов с иерархической структурой, полученных золь-гель методом/Физика и химия стекла. — 2011, Т. 37, №5., с. 672–684.
23. Moshnikov, V. A., Gracheva I. E., Pshchelko N. S., Anchkov M. G., Levine K. L./Investigating Properties Of Gas-Sensitive Nanocomposites Obtained Via Hierarchical Self-Assembly/Smart Nanocomposites, V. 2, I 2, 2010, p-165–179

## Теоретические исследования для обоснования параметров теплонасосной установки в телятниках Северного Зауралья

Андреев Леонид Николаевич, кандидат технических наук, преподаватель;

Петров Алексей Михайлович, соискатель, преподаватель

Государственный аграрный университет Северного Зауралья (г. Тюмень)

Целью данной статьи является нахождение в имеющейся литературе, теоретического обоснования выбора конструктивных, технологических и технических (далее именуемых в тексте как основных) параметров теплонасосной установки в соответствии с поставленной задачей [1]. В случае описываемых в статьях [1,2] исследованиях задачей является получение рекомендуемых параметров температурно-влажностного режима микроклимата в помещении телятника. Фактически, статья отображает построение методики расчета основных параметров теплонасосной установки.

В начале любой методики по определению параметров теплогенерирующего оборудования находится расчет теплового баланса помещения. Тепловой баланс рассчитывается для нормализации температурного режима. Он рассчитывается на самые холодные месяцы года и должен быть положительным. Расход тепла в животноводческих помещениях зависит от вида животного, теплоёмкости конституции, теплопроводности материалов и климатической зоны.

Тепловой баланс рассчитывается по формуле:

$$Q_{ж} = [\Delta t(L' \cdot 0,31) + (\sum KS)] + W_{испар}, \quad (1)$$

где

$Q_{ж}$  — тепло выделяемое животными, ккал/час.

$\Delta t$  — разность между наружной и внутренней температурой воздуха (январь), °С.

$L'$  — объёмная масса вентиляционного воздуха, м<sup>3</sup>/ч.

0,31 — тепло (ккал), затраченное на обогрев 1 м<sup>3</sup> воздуха, вводимого при вентиляции, на 1°С.

$S$  — площадь ограждающих конструкций, м<sup>2</sup>

$K$  — коэффициент общей теплопередачи через ограждающие конструкции (ккал/м<sup>2</sup> · °С)

$W_{испар}$  — расход тепла на испарение влаги с поверхности пола и других ограждений, ккал/час.

После расчета теплового баланса [2], и определения требуемого количества тепла, которое необходимо подать в помещение, можно определить мощность теплогенерирующей установки. Соответственно из мощности установки будут вытекать значения отдельных мощностей электрооборудования, находящегося в ней. В технических паспортах в настоящее время указывается

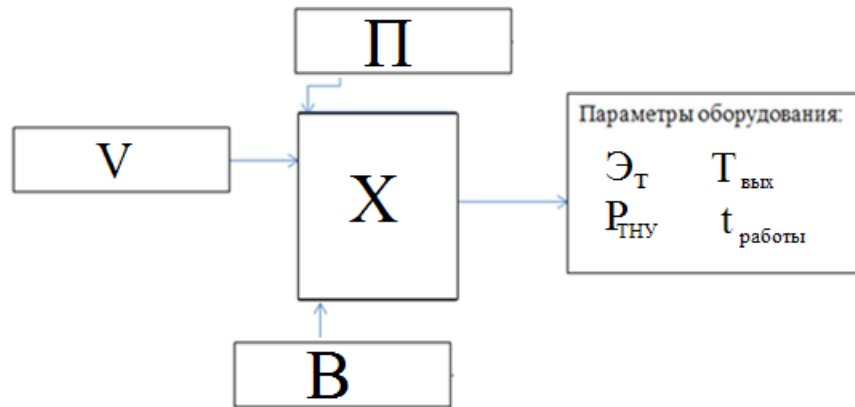


Рис. 1. Расчетная схема для определения технологических и конструктивных параметров теплонасосной установки:  
**V** — Объем помещения, м<sup>3</sup>; **B** — факторы, влияющие на микроклимат, находящиеся вне помещения;  
**П** — факторы влияющие на микроклимат, находящиеся внутри помещения; **Х** — область исследования;  
 $\text{Э}_T$  — процентное отношение электрической энергии, %;  $\text{Р}_{\text{ТНУ}}$  — мощность электрооборудования, кВт;  
 $\text{Т}_{\text{вых}}$  — выходная температура, ОС;  $t_{\text{работы}}$  — время работы, с.

процентное соотношение потребляемой мощности отдельного электрооборудования установки к общему потоку.

Осложнение возникает при расчете теплового насоса, поскольку фактически такая установка является холодильной машиной, но использующейся для подачи тепла. Поэтому в стандартных методиках [3,4,5] расчета технических характеристик такой установки не учитывает взаимосвязывающие факторы параметров теплового насоса с микроклиматом в помещении, а также не прописывается четкой связи между характеристиками температурно-влажностных параметров внутри помещения, и параметров основных элементов конструкции ТНУ

Поэтому, была предложена следующая схема (рисунки 1).

Данная схема описывает взаимодействия всех интересных в ходе исследования параметров, но проблема заключается в сложности конвертирования одних величин относительно других [3]. Поэтому было принято решение перевести факторы **П** и **В**, и соответственно входящие в них величины в область детерминированности. То есть, применить для них «комплекс желательности» [6].

Данный комплекс является удобной методикой при решении теоретических задач испытаний с несколькими зависимыми переменными. Разрабатываем специальную шкалу желательности микроклимата для животноводческого помещения. Обозначим детерминированную величину, как **М**. Пусть эта величина меняется от 0 до 1. Шкала тогда будет выглядеть следующим образом:

$\text{М} = 1,00$  — максимально возможный уровень качества процессов тепломассообмена в зависимости от энергозатрат. «Идеализированный».

$\text{М} = 0,8...1$  — допустимый и превосходный по качеству уровень процессов тепломассообмена в зависимости от энергозатрат. «Сложно осуществимый».

$\text{М} = 0,6...0,8$  — допустимый и хороший уровень процессов тепломассообмена в зависимости от энергозатрат. «Реальный».

$\text{М} = 0,4...0,6$  — допустимый уровень процессов тепломассообмена в зависимости от энергозатрат. «Достаточный».

$\text{М} = 0,45$  — требуемый уровень процессов тепломассообмена в зависимости от энергозатрат.

$\text{М} = 0...0,4$  — недопустимый уровень процессов тепломассообмена в зависимости от энергозатрат. «Некачественный».

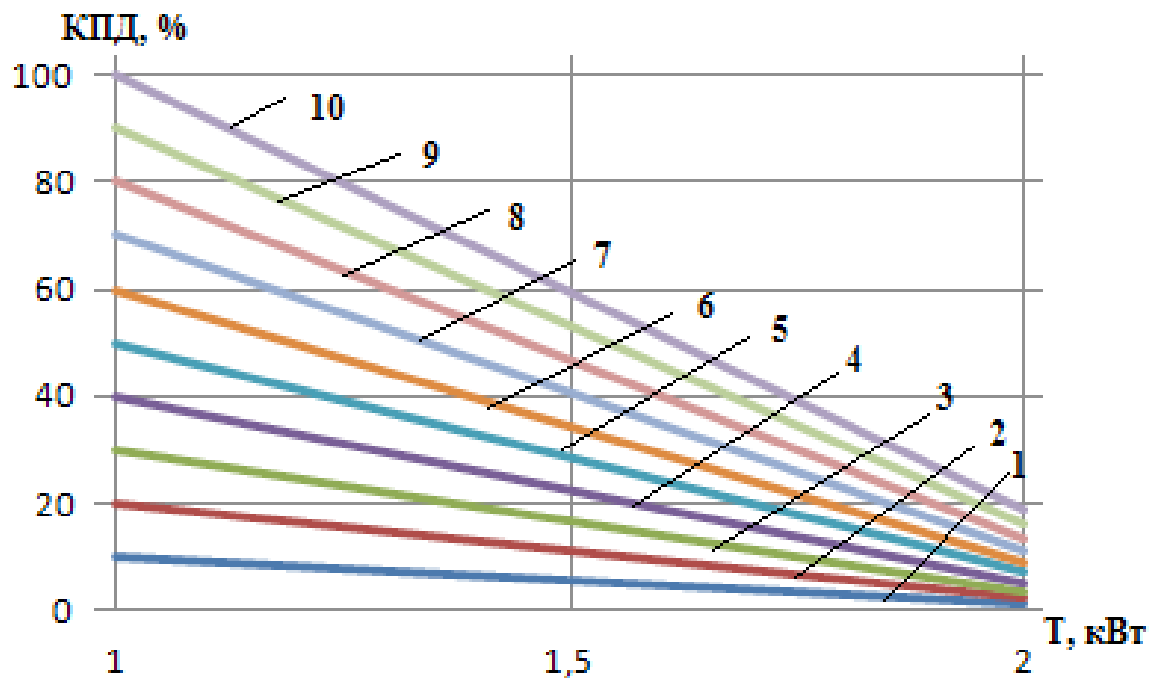
$\text{М} = 0$  — максимальной нежелательный уровень процессов тепломассообмена в зависимости от энергозатрат. «Негативный».

В результате применения данной методики, лабораторных исследований и теоретического анализа [4], были получены следующие зависимости (рис. 2).

Зависимость, показанная на рисунке 2 определяет диапазон теплоты, которую можно будет направить в помещение для регулирования температурно-влажностных характеристик микроклимата, при условии, что будет известна эффективность и мощность работы ТНУ. Таким образом, проведя эксперимент, и определив КПД теплового насоса, можно будет скорректировать выдаваемую им тепловую мощность.

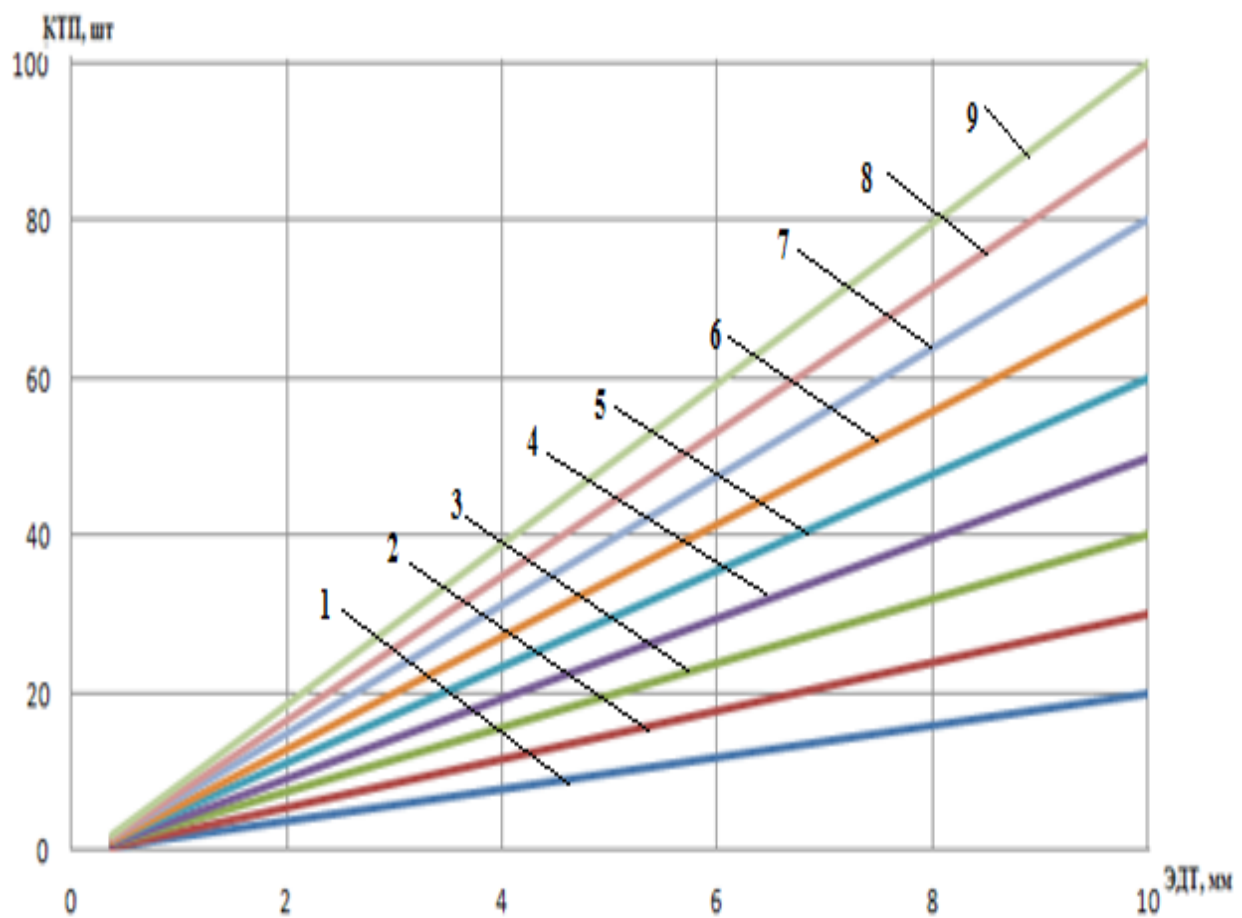
С помощью рисунка 3 можно будет внести коррективу в конструкционные характеристики ТНУ, и определиться с требуемым количеством трубок в одном функциональном пучке установке, в зависимости от свободного места, диаметра, типа трубки и мощности установки.

С помощью рисунка 4 можно определить площадь нагрева конденсатора, либо испарителя ТНУ при условии однородности материала и изменению теплового напора. Диапазон соответственно будет скорректирован исходя из данных, полученных в ходе эксперимента.



1 — При мощности установки в 10 кВт; 2 — 12 кВт; 3 — 14 кВт; 4 — 16 кВт; 5 — 18 кВт; 6 — 20 кВт; 7 — 22 кВт; 8 — 24 кВт; 9 — 26 кВт;

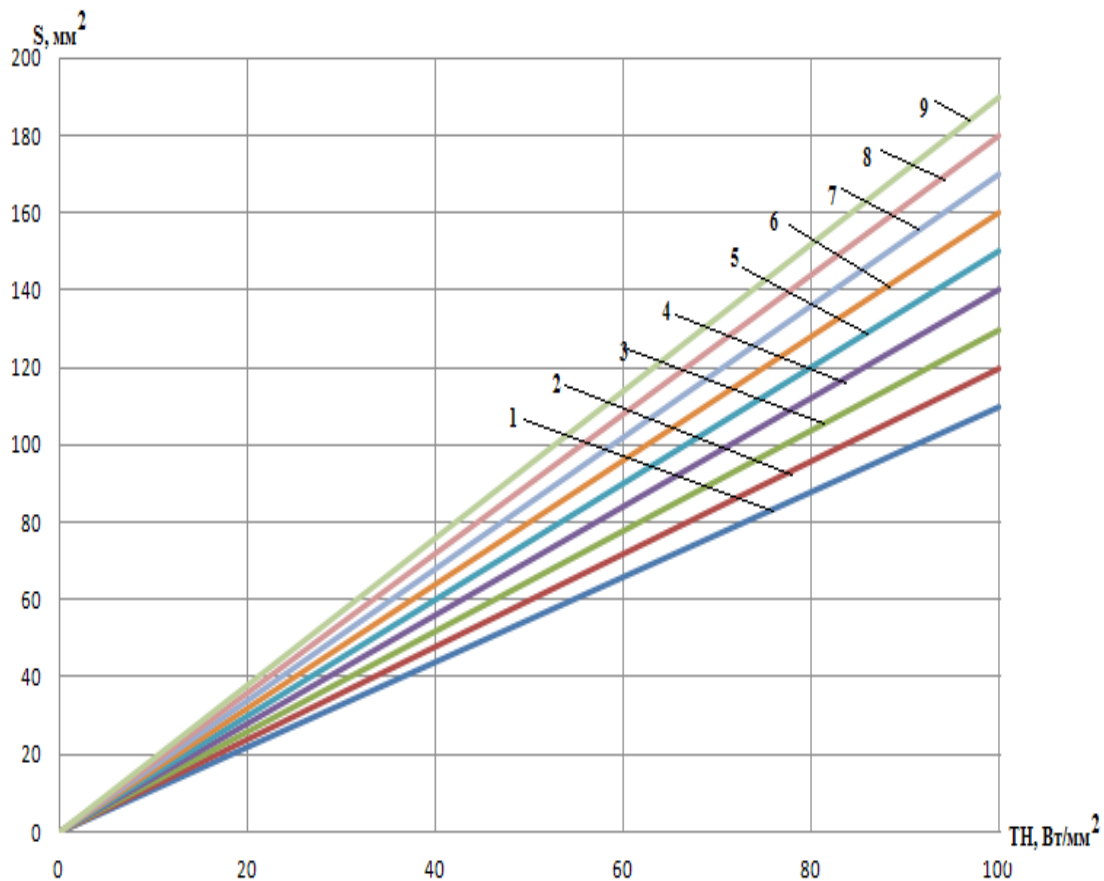
Рис. 2. Зависимость теплоты отдаваемой в помещение (Т) от КПД установки



1 — При мощности установки в 10 кВт; 2 — 12 кВт; 3 — 14 кВт; 4 — 16 кВт; 5 — 18 кВт; 6 — 20 кВт; 7 — 22 кВт; 8 — 24 кВт; 9 — 26 кВт;

Рис. 3. Зависимость эквивалентного диаметра труб (ЭДТ) от количества труб в пучке ТНУ (КТП)





1 — При мощности установки в 10 кВт; 2 — 12 кВт; 3 — 14 кВт; 4 — 16 кВт; 5 — 18 кВт; 6 — 20 кВт; 7 — 22 кВт; 8 — 24 кВт; 9 — 26 кВт;

Рис. 4. зависимость площади нагрева ТНУ (S) от величины теплового напора (ТН)

Таким образом, разработана балльная шкала позволяющая оценивать благоприятные и неблагоприятные температурно-влажностные параметры микроклимата внутри телятника, в зависимости от параметров окружающей среды, которые позволяют выбрать технологические и конструктивные параметры ТНУ [5].

В ходе дальнейших экспериментальных исследований и теоретических рассуждений получаем аналитические выражения, позволяющие установить взаимосвязь между влиянием параметров атмосферного воздуха, конструктивными параметрами ТНУ и температурно-влажностными параметрами микроклимата телятника, которые будут указаны в дальнейших статьях.

#### Литература:

1. Никифоров, А. Н. Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве/А. Н. Никифоров, В. А. Токарев, В. А. Борзенков и др.// М.: ВИМ, 1998. — 68 с.
2. Бровцин, В. Н. Оптимизация использования энергетических ресурсов в технологических процессах сельскохозяйственного производства методами вычислительного эксперимента: Дис. д-ра техн. наук: 05.20.02, 05.20.01: Санкт-Петербург, 2004—373 с.
3. Мельников, С. В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм и комплексов./С. В. Мельников. — Л.: Колос., 1978. — 420 с.
4. Лысцов, А. В. Современные энергосберегающие технологии и оборудование в помещениях для содержания бройлеров/А. В. Лысцов//Тез. докл. международной конференции-выставки «Птицеводство-2004». Москва, 2004. 23—27 октября. — с. 29.
5. Шкеле, А. Э. Повышение эффективности электрических систем обогрева поросят./А. Э Шкеле. Автореф. дисс. доктора техн. наук. Латвийская ССР. Улброка: 1988.

## Теоретические исследования напряжено-деформируемого состояния в составной балке

Арискин Максим Васильевич, кандидат технических наук, доцент;  
 Гарькин Игорь Николаевич, инженер  
 Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Рациональное использование строительных конструкций является ключом к снижению себестоимости зданий и сооружений. С целью разработки наиболее оптимальных сечений строительных конструкций на кафедре «Строительные конструкции» ведутся обширные исследования практического и теоретического характера [1], [2], [3]. Работы направлены как на получение экономического эффекта [4], так и для получения более эффективных конструкций [5]. Рассмотрим теоретические исследования напряжено-деформируемого состояния (НДС) в составной балке состоящей из уголков и металлической пластины.

Теоретические исследования проводились с целью:

1. Получить картину и характер действительного напряжено-деформируемого состояния (НДС) в составной балке;
2. Путем анализа напряженно деформированного

состояния балки разработать оптимальную конструкцию составного сечения.

Расчет балки выполнен в программном комплексе SCAD v11.5, в качестве конечного элемента используется прямоугольный конечный элемент плиты 11 типа, модель построена в соответствии с расчетной схемой, показанной на рис 1.

При создании модели использовались следующие материалы: — металла  $E_x=210000$  МПа,  $\mu=0,3$

В расчетной схеме присутствуют пластинчатые элементы, для которых напряжения выводятся вдоль осей, отличных от осей местной системы координат элементов.

Параметры образцов, подвергаемых теоретическому расчету, назначались, исходя из поставленных целей исследования и проведенных экспериментов [6].

Результаты расчетов представлены на рис. 2 в виде изополей напряжений  $s_x$

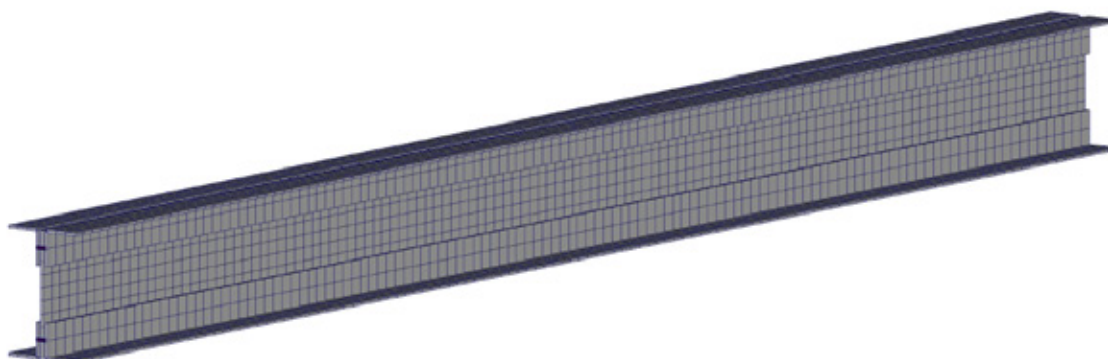


Рис. 1. Балка, разбитая на сетку конечных элементов

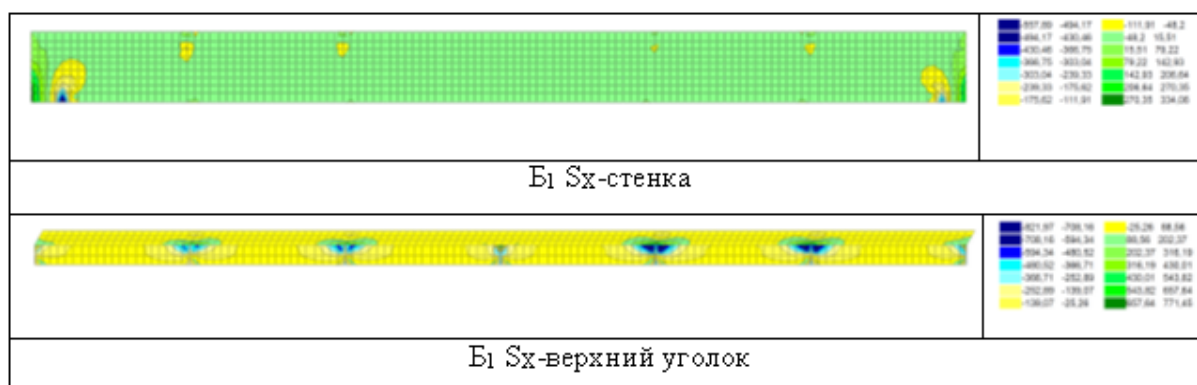


Рис. 2. Изополя напряжений  $s_x$

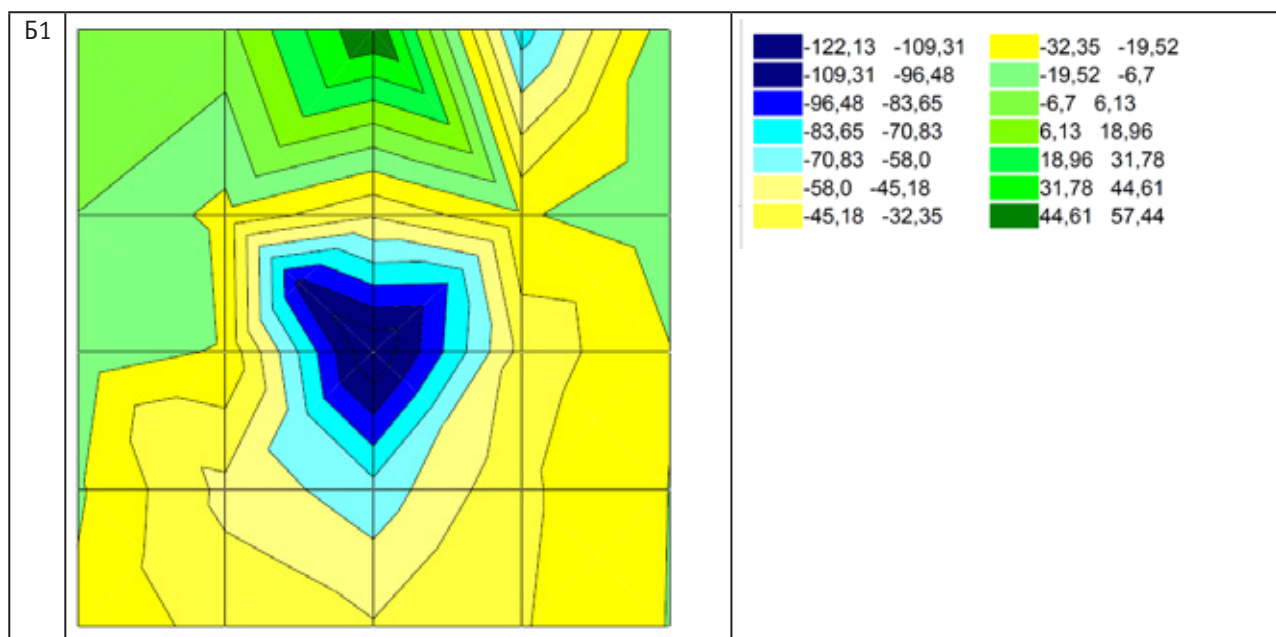
Как видно из результатов расчетов, шаг расстановки болтов в составной балки существенно влияет на напряженно-деформированное состояние, так, при уменьшении шага расстановки болтов вдвое, с 500 до 250 мм, максимальные напряжения в стенке уменьшились на 59,8%, ниже приведена сводная таблица 1 напряжений в зависимости от шага

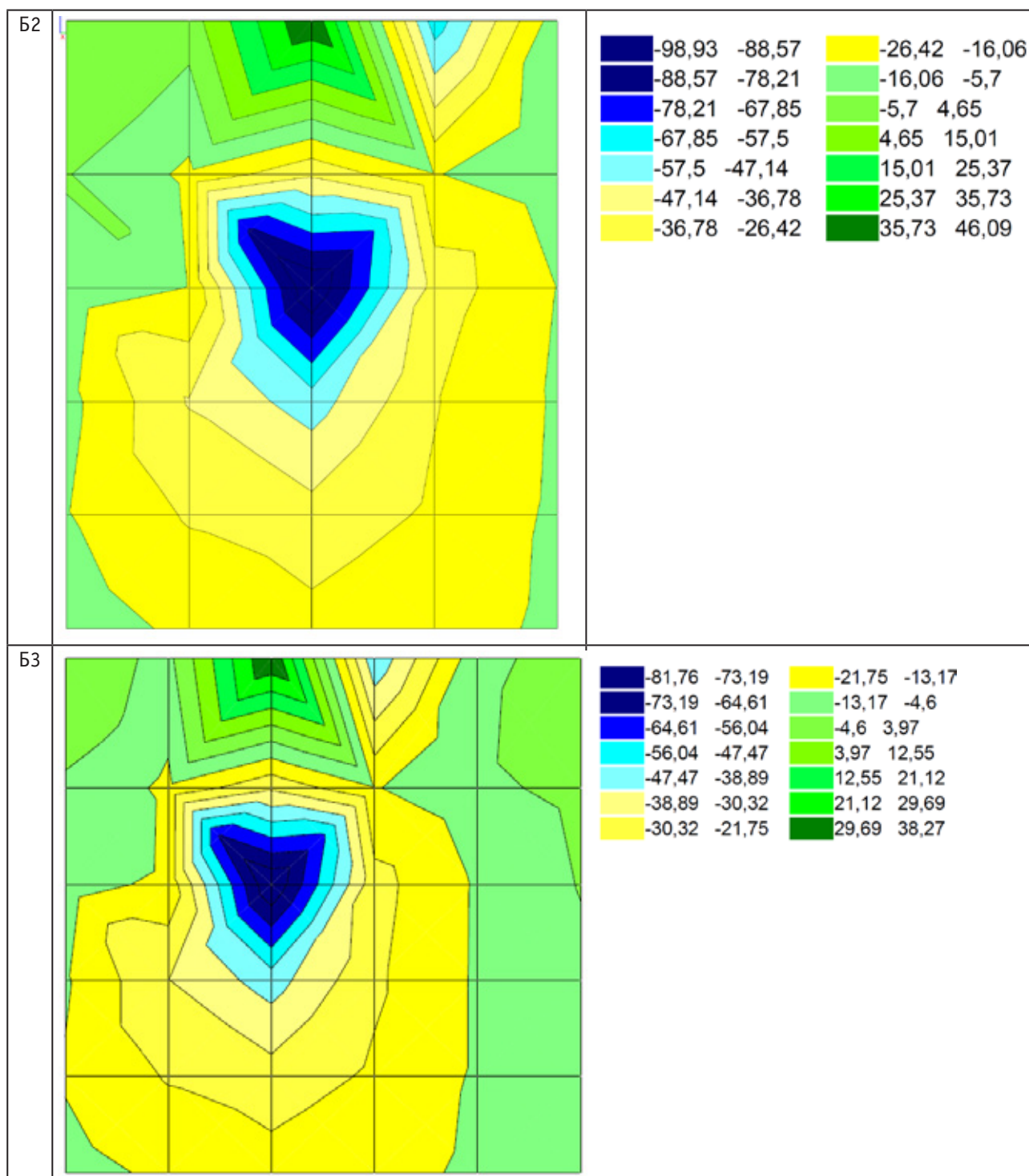
Как видно из изополей и таблицы 1, максимальные напряжения в стенке возникают в местах закрепления балок, а в местах стыковки стенки и уголка напряжения имеют большую концентрацию и с увеличением шага эта концентрация уменьшается как бы размываясь по поверхности стенки. В таблице 2 представлены изополя напряжений в месте стыкования стенки и уголка.

Таблица 1. Таблица напряжений в зависимости от шага

	Максимальные напряжения в стенке (сжатие)		Изменение уровня напряжений %		Максимальные напряжения в стенке (растяжение)		Изменение уровня напряжений %		Максимальные напряжения в верхнем уголке (сжатие)		Изменение уровня напряжений %		Максимальные напряжения в верхнем уголке (растяжение)		Изменение уровня напряжений %	
	Sx	Sy	Sx	Sy	Sx	Sy			Sx	Sy			Sx	Sy		
Б1	557,75	639,03	-	-	334,09	153,98	-	-	821,97	353,17	-	-	771,45	425,19	-	-
Б2	433,11	475,91			274,33	110,09			764,88	353,63			764,01	244,0		
Б3	375,25	406,97			261,57	83,95			706,37	363,95			712,18	148,53		

Таблица 2. Изополя напряжений в месте стыкования стенки и уголка





Теоретические исследования позволяют существенно снизить время проведения, и повысить точность экспериментальной части исследования. Хотя, стоит отметить,

что использования более современных программных комплексов дали бы ещё больший эффект [7], [8]. Данная проблема будет рассмотрена в следующих статьях.

#### Литература:

1. Нежданов, К.К., Кузьмишкин А.А., Гарькин И.Н., Курткезов Д.Х. Быстро сооружаемая подкрановая балка с высоким техническим ресурсом эксплуатации // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — №3; URL: <http://www.science-education.ru/117-13115> (дата обращения: 16.05.2014).
2. Нежданов, К.К., Гарькин И.Н. Способ проката двутаврового профиля сечения из низколегированной стали // Строительная механика и расчёт сооружений.: №4 — 2011, с. 51–55 Москва ЦНИСК им. Курчуренко

3. Нежданов, К. К., Железняков Л. А., Гарькин И. Н. Эффективный способ проката уголкового профиля// Строительная механика и расчёт сооружений.: № 1—2014, с. 71—75 Москва ЦНИСК им. Курчеренко
4. Кузьмишкин, А. А., Гарькин И. Н. Меры по снижению стоимости стальных подкрановых балок//Альманах современной науки и образования. 2013. № 11 (78). с. 93—95.
5. Нежданов, К. К., Нежданов А. К., Гарькин И. Н. Способ проката профиля двутаврового сечения из низколегированной стали Патент РФ № 2486972, опубликовано 10.07.2013
6. Кузьмишкин, А. А. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук Выносливость металлических подкрановых конструкций при тяжелом режиме циклических нагружений. — Пенза, 2006. — 187 с.
7. Арискин, М. В., Гуляев Д. В., Гарькин И. Н., Родина Е. В. Экономическая эффективность проектирования в комплексе Allplan по сравнению с существующими САД-системами [Текст]// Молодой ученый. — 2013. — № 5. — с. 32—35.
8. Арискин, М. В., Гуляев Д. В., Гарькин И. Н., Агеева И. Ю. Современные тенденции развития проектирования в строительстве [Текст]/М. В. Арискин [и др.]// Молодой ученый. — 2012. — № 10. — с. 31—33.

## Экологичность — основа современных технологий авторециклинга

Бобина Марина Александровна, студент

Национальный инновационный технологический университет (МИСиС) (г. Москва)

Ермолов Виктор Михайлович, кандидат технических наук

Центральный научно-исследовательский институт черной металлургии имени И. П. Бардина (г. Москва)

*Рассмотрены тенденции и направления развития технологии рециклинга автомобилей, актуальные проблемы организации системы авторециклинга.*

**Ключевые слова:** рециклинг, технология, автомобильный транспорт

Проводимые реформы в России после распада СССР привели к выводу из эксплуатации значительной части устаревших, экономически неэффективных производств и оборудования, которым не нашлось должного места в новой системе рыночных отношений хозяйственных субъектов. Металлоконструкции этих предприятий и оборудование в конечном итоге были сданы в лом на утилизацию.

Общее падение производства в стране, включая продукцию черной металлургии, позволило активизировать внешнюю торговлю российским ломом и в ряде лет выйти на ведущие позиции на мировом рынке [1]. А ломоперабатывающая подотрасль уверенно вошла в число экспортноориентированных. Так в 2004 году Россия заняла 1-ое место в мире по объему экспорта лома черных металлов 13,1 млн. тонн, из которых 10,8 млн. тонн было отгружено иностранным покупателям через морские порты [2].

Одновременно с падением производства в кризисные перестроечные 1990—1995 годы произошло значительное сокращение ввода в строй новых предприятий, новых инфраструктурных проектов и оборудования. По статистике средний жизненный цикл значительной части оборудования составляет 20—25 лет. Соответственно в настоящее время в лом начинает поступать уже металл первых лет российского периода, когда годовое приращение металлофонда было минимальным [3]. С сокращением ре-

сурсной базы ломозаготовки в последние годы падает экспорт лома, общий объем которого по итогам 2013 года сократился до 3,75 млн. т, против 4,4 млн. т в 2012 году (–14%) [4]. Наряду с этим отмечается снижение качества российского лома, значительные объемы тяжеловесного лома уже собраны и в партиях смесового лома растет доля легковеса (лома металла малой толщины с низкой плотностью) [5].

В то же время характерной тенденцией постсоветского периода является более глубокая интеграция российской экономики в систему мирового хозяйствования, экспортная ориентированность ряда ведущих отраслей и существенный рост объемов экспорта. Так объем экспорта различных товаров РФ через морские порты России в 2013 году достиг 461,8 млн. т по сравнению с 294 млн. т. в 1994 году и 102 млн. т в 1992 году [6].

Это привело к развитию транспортной инфраструктуры и, особенно, численности автотранспорта, темпы обновления и прироста которого многократно превышали средние показатели по промышленности. Автопарк РФ один из самых динамично развивающихся в мире. Только за последние 7 лет количество автомобилей в России увеличилось более, чем на 30% и к 1 января 2013 года по данным ГИБДД составил 50,5 млн. штук. Значительную часть автопарка составляют легковые машины; на них приходится 76,7% от общего количества, или 38,7 млн. единиц [7].



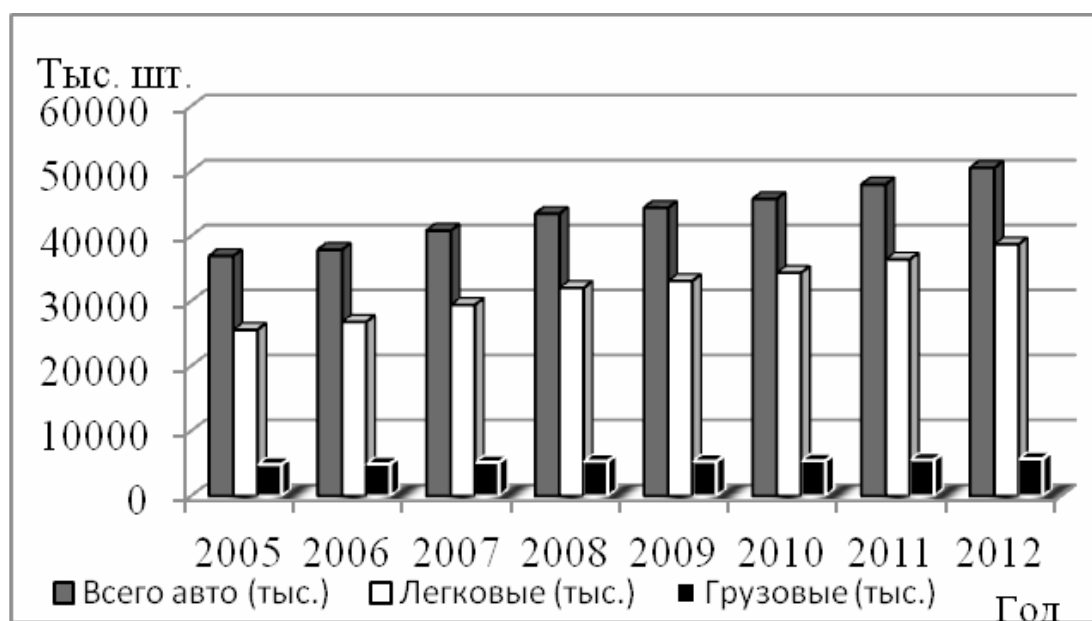


Рис. 1. Рост численности легковых и грузовых автомашин в России за последние 7 лет

Ежегодный прирост автотранспорта в России составляет в среднем 5,5%, причем основной прирост обеспечивается именно благодаря легковым автомобилям. В 2012 году в России был зарегистрирован рекордный абсолютный прирост 2,76 млн. новых легковых автомобилей, этот показатель увеличился на 10,2% по сравнению с предыдущим годом.

На фоне отмеченной ранее тенденции сокращения ресурсной базы промышленного амортизационного лома, возрастает роль утилизации средств транспорта (автотранспорта, судов, железнодорожного подвижного состава, внедорожных транспортных средств — строительной техники, сельскохозяйственных машин, коммунальной техники) [8, 9]. Доля транспортного лома в общих объемах ломозаготовки в среднем достигает в России 20–22% годового сбора. В то же время, металлургии требуется качественный чистый лом с высокой плотностью. При утилизации средств транспорта такой лом может быть получен только при внедрении в подотрасли новых передовых технологий. В первую очередь отмеченное касается авторециклинга. Ведь в конструкции автомобилей используется много тонколистовой стали и неметаллических деталей, покрытий и прочее [10, 11].

Учитывая, что около 7% парка автомобилей России ежегодно перестают эксплуатироваться, а объем брошенных разукomплектованных автомашин и других отходов транспортного комплекса ежегодно возрастает на 8–10% государство в своей транспортной стратегии на период до 2030 г. особое место отводит решению экологических проблем автомобильного транспорта [7].

Исходя из поставленных задач необходимо создание, развитие и переоснащение предприятий ломопереработки, создания мощной структурированной системы авторециклинга страны [12, 13]. Вышедшие из эксплуатации

машины содержат большой список вредных для окружающей среды и здоровья человека веществ: остатки горючего и масел, свинец, никель, ртуть, серную кислоту, этиленгликоль, фреоны, резину, пластик и т.д. Отсутствие надлежащей системы сбора и переработки отходов автотранспортного комплекса кроме негативного воздействия на окружающую среду, приносит ещё и убытки экономике.

В больших или меньших масштабах проблема вторичной переработки автомашин касается всех регионов страны, но наиболее остро её ощутил на себе московский регион. Правительство Московской области 25.02.2014 г. приняло подпрограмму «Развитие системы комплексной утилизации вышедших из эксплуатации транспортных средств» государственной программы «Экология и окружающая среда Подмосковья» [14]. Программа разработана на период до 2018 года и также предполагает вовлечение в хозяйственный оборот вторичных материальных ресурсов из отходов транспортного комплекса, создания региональных производственных кластеров в системе комплексной утилизации автомобилей и их компонентов. Программа создаст систему комплексного мониторинга подлежащего утилизации транспорта и систему управления комплексной утилизацией. Специалисты считают, что программа будет стимулировать разработку и внедрение современных технологий переработки б/у авто, развитие производств по переработке отходов транспортного комплекса и улучшит экологическую ситуацию в регионе, так как в общем объеме промышленных отходов более 20% приходится на транспортный комплекс. Общее количество ежегодно выводимых из эксплуатации и подлежащих утилизации только автомобилей в Москве составляет 240–260 тысяч единиц, а в Подмосковье — более 100 тысяч единиц [14]. Часть отходов вообще не со-



бирают и не перерабатывают, такие как автомобильные стекла, отходы пластмасс, отработанные антифризы, тормозная жидкость, а уровень сбора изношенных шин низок. Для снижения токсичности отходов все больше внимания при разборке авто уделяют извлечению опасных химических материалов — тяжелых металлов, хлорсодержащих полимеров и др.

По оценкам экспертов на свалки РФ отправляют более 10 млн т/год вторичных материалов от автомобилей. В западном мире за последние годы ситуация сильно изменилась. Появились новые законы, которые целиком изменили не только конструкции машин, но и создали новое направление — переработка отслуживших свой срок транспортных средств. Этому способствует совершенствующаяся система информационной поддержки в виде информационного инструмента — создания единой компьютерной базы данных и паспорта отхода.

Очевидно, что без развития законодательной базы, регулирующей создание в России современной системы авторециклинга не обойтись. Законы о переработке отходов транспортного комплекса приняты более чем в 50 странах мира. Перемены формируют нишу для принципиально новой предпринимательской деятельности, не просто ломопереработки, а квалифицированному частичному демонтажу авто на перерабатывающих предприятиях и повторному применению снятых деталей [14]. Организация сбора и переработки вторичных ресурсов, вышедших из эксплуатации автотранспортных средств включает следующие мероприятия:

— Стандартизированная маркировка деталей автомобиля на стадии их изготовления. Исходя из этих данных, создание центральной единой диспетчерской и информационной электронной базы данных обо всех автотранспортных средствах и их состоянии

— Выявление и учет автотранспортных средств, непригодных к эксплуатации.

— Создание сети пунктов сбора отработанных частей автомобиля — свинцовых аккумуляторов, катализаторов, изношенных автопокрышек и производств по их переработке.

— Создание производства по утилизации отходов автотранспорта — охлаждающих жидкостей (тосол, антифриз), поступающих с площадок и транспортных предприятий.

— Создание складов-магазинов по реализации отработавших узлов и материалов автомобилей, пригодных к использованию на запчасти.

— Проектирование и строительство установки по переработке твердого осадка автомоек.

— Захоронение отходов перерабатывающих предприятий.

Для проведения этих мероприятий должны быть созданы профессиональные предприятия, обеспеченные полным набором профильного оборудования для обеспечения утилизации не менее 50% общей массы отходов от автотранспорта, как это происходит на большин-

стве современных площадок развитых европейских стран. Сейчас этот показатель стремится, например, в Германии, к 85–90%. В компании BMW существует специальная проектная группа, которая опытным путем проверяет, насколько полно можно утилизировать автомобиль еще до того, как новая модель сойдет с конвейера. Последние модели компании удается использовать повторно почти на 95%.

Компаниям, которые будут осуществлять деятельность в сфере авторециклинга, придется оформить соответствующую лицензию на осуществление деятельности по обезвреживанию и размещению отходов I–IV классов опасности, образовавшихся в результате утраты автотранспортными средствами своих потребительских свойств. Одним из основных требований является применение специальных технологий к разборке ряда узлов, таких как аккумуляторы, катализаторы, резина (покрышки), в полном объеме отвечающих экологическим требованиям.

Наша страна, учитывая вступление в ВТО, в последнее время предпринимает шаги по гармонизации нормативно-правовых актов с аналогичными, действующими в ЕС. В срочном порядке был адаптирован целый ряд международных стандартов в области экологии, которые были введены в действие как государственные стандарты России. Систему, необходимую для цивилизованной и дающей прибыль переработки нужно создавать с нуля. Переработка автомобилей существовала давно, но была довольно примитивной. С автомобиля снимались колеса и еще несколько частей, после этого она отправлялась под пресс [12].

Для открытия современного цеха по утилизации вышедших из употребления автомобилей, необходимо предусмотреть следующие операции:

— слив всех технических жидкостей, откачать из автомобиля топливо, моторное и трансмиссионное масло, жидкость из тормозной и охлаждающей систем;

— откачать масло компрессора системы охлаждения;

— снять для переработки аккумулятор;

— вырезать электрические кабели и затем отделить металл от пластика;

— снять или вырезать стекла, эмблемы;

— срезать катализатор и другие части, представляющих коммерческую ценность;

— отделить покрышки от дисков;

— очистить извлеченное из автомобиля топливо для его последующего использования;

— снять пластмассовые части (бамперы, приборные панели, элементы отделки и т. п.);

— снять все неметаллические части;

— подготовка черного и цветного лома. Также возможно прессование корпуса автомобиля.

Для организации авторециклинга обязательно нужно иметь оборудованную бетонным или асфальтовым покрытием площадку с ограждением и освещением, охраной, необходимой инфраструктурой, соответствующей тех-

ной и персоналом. Конструкции современных автомобилей существенно отличаются от транспортных средств предыдущих поколений. Несмотря на существенно более высокую техническую сложность, их гораздо проще разобрать и отделить различные материалы друг от друга. Но чтобы сделать этот бизнес прибыльным, необходимы не только знания, но и грамотный выбор оборудования позволяющего проходить следующие этапы в процессе разборки транспортных средств:

1. По требованиям программы утилизации автомобилей в зарубежных компаниях вначале для наиболее безопасной и качественной переработки частей автомобиля производят «осушение» автотранспорта. Из автомобиля сливаются все жидкости (остатки бензина, масло, тормозная жидкость, стеклоочиститель и т.п.). Жидкости сливаются в отдельные емкости и идут в переработку. Устройство для удаления охлаждающей жидкости состоит из маслonaполненного прибора для откачивания жидкости, шлангов для откачивания и для отведения жидкости от прибора в резервуар. Система очистки топлива служит для очистки топлива от загрязнений, а также масляных или водяных примесей и превращения его в ценный промышленный продукт. После фильтрации вода и очищенное топливо поступают в отдельные контейнеры для хранения. В среднем, система очистки топлива окупается примерно после 800 автомобилей, прошедших процесс отбора жидкостей [16].

2. Необходимо снять аккумулятор. Утилизация аккумуляторов — относительно обособленный процесс заготовки и переработки вторичного металло сырья [17,18]. Это определяется, с одной стороны, экологической опасностью свинца и его соединений для здоровья человека и окружающей среды — по ГОСТу 17.4.1.02–83 свинец отнесен к классу высокотоксичных веществ. С другой — масштабами применения свинцово-кислотных аккумуляторов. На их изготовление в мире расходуется более 70% производимого свинца [19].

3. Демонтаж узлов и механизмов: отвинчиваются колеса, вынимается мотор, стекла, снимаются все пластиковые части, сиденья и т.п. При такой разборке составляющие идут на продажу или в переработку. Глубина демонтажа зависит от возможностей переработчика. Если предприятие не занимается заготовкой б/у запчастей, то на современных системах сепарации возможно измельчать автомобиль вместе со всеми съемными деталями, и уже потом отделять материалы друг от друга. В Западной Европе принято совмещать разборку авто и продажу пригодных снятых деталей со склада [16].

4. На устройстве для разбора колес удобно, быстро и легко возможно разобрать автомобильные колеса, упростить процесс отделения покрышек от дисков при максимальной механизации. Для отделения колёсных шин от металлического диска применяется гидравлический пуансон, который выдавливает диск из покрышки за несколько секунд. Производительность прессов — от 80 до 140 дисков в час при малых сроках окупаемости.

5. Происходит аккуратный срез автокатализаторов. При нормальных условиях эксплуатации примерно через каждые 100 тыс. км пробега автомобиля катализаторы нуждаются в замене, так как при их работе происходит химическое отравление элементами, присутствующими в виде примеси в топливе, прежде всего, соединениями серы [20]. По последним данным в мире подвергаются замене ежегодно до 40 млн. штук катализаторов выхлопных газов и их поток нарастает по мере замены автопарка в геометрической прогрессии [21]. По статистическим данным в катализаторе легкового автомобиля находится 1–5 г металлов платиновой группы (МПГ), а масса каталитического блока, извлеченного из внешнего корпуса, колеблется от 1 до 3 кг [22].

Развертывание индустрии переработки автокатализаторов способно уже в ближайшие годы вернуть в оборот до 5 тонн вторичных металлов платиновой группы в год, что дает в денежном выражении составляет 250 млн. долл./год.

6. Прибор для резки ветрового стекла позволяет за секунды демонтировать ветровое стекло с любого автомобиля, обрабатывая при этом разрезанные края стекла так, что вероятность порезаться от самого стекла или от его осколков практически равна нулю. Кроме того, устройство оснащено мощным отсасывающим устройством, которое отлично всасывает пыль и осколки от стекла и собирает их в специальный контейнер.

Как правило, все подготовленные таким образом материалы дальше передаются на специализированные предприятия или поступают в комиссионную продажу.

7. Кузов автомобиля прессуется, измельчается в шредерах, на прессах, пресс-ножницах. Пресс-ножницы экономически выгодно перерабатывают различные виды лома. Они режут и тяжёлый, и лёгкий лом, а также измельчают кузова автомобилей. Наиболее качественный лом получается на шредерах [23]. Стоимость получаемого шрота, в 7 раз выше стоимости исходного сырья. Сталеплавильщики предпочитают покупать шрот [24, 25].

8. Происходит сортировка и извлечение цветных металлов. Устройство для измельчения и разделения кабели авто служит для отделения цветных металлов, меди или алюминия, от пластика электрических кабелей. На рынке представлен достаточно большой ряд небольших шредеров измельчающих материал, отделяющих медь или алюминий от пластиковой оплетки и сортируют полученное сырье.

Сепарация заключается в отделении железных включений с помощью подвесных магнитов или магнитных барабанов с последующим разделением цветных металлов. Возможна дальнейшая сепарация включений нержавеющей стали и разделения фракций цветных металлов друг от друга с помощью сенсорных сепараторов на основе индукции и рентгеновских излучений. Сухое обогащение тяжелой фракции и обратное извлечение чистых, пригодных к продаже цветных металлов осуществляется после просеивания и магнитной сепарации

на сепараторе цветных металлов. Пригодные к продаже цветные металлы подвергают прессованию в брикеты для экономичной транспортировки и возврата в плавильное производство при максимально низком уровне угара [25].

Выбор брикетировочного или пакетировочного пресса зависит от сыпучести материала.

9. Получившийся лом цветных и черных металлов идет в переплавку.

В целом реализация Программы авторециклинга сможет существенно улучшить экологию, навести порядок и очистить территории в регионах от вышедшего из эксплуатации автотранспорта и его компонентов, ввести в оборот значительные вторичные ресурсы.

#### Литература:

1. Кириченко, С. А., Кириченко А. С. Экспорт лома и макроэкономические тенденции // Вторичные металлы. 2008. № 1. с. 44–50.
2. Кириченко, С. А., Кириченко И. С. Морской экспорт лома // Вторичные металлы. 2012. № 4. с. 35–37.
3. Чижиков, А. Г., Черноусов П. И., Чижикова И. И. Сырьевая безопасность предприятий черной металлургии РФ // Вторичные металлы. 2010. № 5. с. 32.
4. Сипаро, К. А., Ермолов В. М., Кириченко И. С. Экспорт лома черных металлов. Перевалка лома через российские порты // Вторичные металлы. 2014. № 3. с. 36–39.
5. Чижиков, А. Г., Семин А. Е., Черноусов П. И. Среднесрочный прогноз ситуации на рынке черных металлов // Вторичные металлы. 2011. № 6. с. 29–30.
6. Сипаро, К. А. Влияние логистики и международных транспортных коридоров на развитие российских и транзитных грузопотоков в направлении морских портов // Интегрированная логистика. 2014. № 1. с. 35–39.
7. Гагарский, Э. А., Кириченко С. А., Кириченко А. С. Снижение выбросов двигателей внутреннего сгорания транспорта и повышение требований к катализаторам выхлопных газов и их рециклингу // Транспорт: наука, техника, управление. 2013. № 7. с. 22–25.
8. Чижиков, А. Г., Семин А. Е. Влияние автолома на металлофонд и его переработка // Вторичные металлы. 2010. № 2. с. 39–43.
9. Кириченко, С. А., Кириченко И. С. Утилизация локомотивов. Проблемы и зарубежный опыт // Вторичные металлы. 2012. № 6. с. 44–49.
10. Юсфин, Ю. С., Черноусов П. И. Утилизация вторичных материальных ресурсов // Металлург. 1998. № 2. с. 30.
11. Чижиков, А. Г., Семин А. Е., Чижикова И. И. Автомобильный лом в структуре металлофонда России и технические решения по его утилизации // Электрометаллургия. 2010. № 4. с. 31–36.
12. Кириченко, В. Н. Утилизация автомобильного лома // Рынок вторичных металлов. 2002. № 1. с. 28–29.
13. Серегин, А. Н., Кириченко А. С. Авторециклинг в московском регионе // Вторичные металлы. 2013. № 5. с. 41–44.
14. Супрун, В. Н. Авторециклину нужен закон // Вторичные металлы. 2009. № 6. с. 28–34.
15. Кириченко, В. Н. Спецтехника для перевозки лома // Рынок вторичных металлов. 2007. № 1. с. 68–68.
16. Кириченко, А. С. Новое в авторециклине // Вторичные металлы. 2013. № 4. с. 42–47.
17. Кириченко, А. С. Стимулирование сбора и переработки аккумуляторного лома // Вторичные металлы. 2010. № 3 (16). с. 38–41.
18. Серегин, А. Н., Ермолов В. М., Степанян А. С., Арсентьев В. А. Технологии и оборудование для утилизации металлосодержащих отходов // Вторичные металлы. 2009. № 5. с. 48–51.
19. Кириченко, А. С. Переработка аккумуляторов. Зарубежный и отечественный опыт // Вторичные металлы. 2010. № 6 (16). с. 56–58.
20. Серегин, А. Н., Ермолов В. М., Степанян А. С., Арсентьев В. А. Технологии и оборудование для утилизации металлосодержащих отходов // Вторичные металлы. 2009. № 5. с. 48–51.
21. Кириченко, А. С. Переработка автомобильных катализаторов // Рециклинг, переработка отходов и чистые технологии: докл. 9 Междун. конф. (Москва, 30 окт. 2013 г.). — М., 2013. — с. 137–140. ISBN 978–5–901129–64–7.
22. Кириченко, А. С. Технология переработки катализаторов, содержащих платиновые металлы // Перспективы развития металлургических технологий: тезисы докл. IV Конференции молодых специалистов (Москва, 5–6 дек. 2012 г.). — М.: ФГУП ЦНИИчермет им. И. П. Бардина, 2012. — с. 26–27.
23. Кириченко, В. Н. Ломоперерабатывающие предприятия Европы // Рынок вторичных металлов. 2003. № 6. с. 38–40.
24. Кириченко, С. А. Морской фрахт и мировые цены на лом // Рынок вторичных металлов. 2004. № 6. с. 24–27.
25. Супрун, В. Н., Семин А. Е. Плавление лома и предъявляемые к нему требования // Рынок вторичных металлов. 2007. № 2. с. 24–26.

## Эффективность управления реконструкцией жилищного фонда крупного города (на примере Санкт-Петербурга)

Дмитриенко Татьяна Владимировна, бакалавр;

Эрдэнэбилэг Сайнзаяа, бакалавр

Санкт-Петербургский государственный политехнический университет

### Введение

По мере освоения территории городов и удовлетворения населения жильем, масштабы нового строительства принимают относительно стабильный характер. Увеличиваются объемы работ по сохранению и преобразованию существующего жилищного фонда, возрастает доля затрат на реконструкцию в общих ресурсах, обостряется проблема их эффективного использования. Реконструкция и ремонт зданий и сооружений становятся неотъемлемой частью городского хозяйства.

В современных условиях развития города одной из наиболее важных и актуальных задач является реконструкция жилой застройки центральных районов Санкт-Петербурга. Несмотря на то, что центральные районы занимают 1/10 часть городской территории, они формируют общегородской центр.

Оценка эффективности инвестиционной деятельности в процессах комплексной реконструкции отличается сложностью и широким спектром характеристик результатов работ. Существующие подходы к оценке экономической эффективности инвестиционных проектов базируются на положении, что конечная цель всех коммерческих участников — получение прибыли. В процессе комплексной реконструкции необходимо учитывать и другие, социальные и качественные параметры, не всегда имеющие непосредственно количественное выражение.

### Степень разработанности темы

Реконструкция относится к одной из наиболее важных составляющих общих проблем развития жилищного строительства. Деятели науки рассматривались разные грани вопроса реконструкции: от экономических и технических до социальных и даже психологических.

Бузырев В. В. В статье рассматриваются вопросы решения жилищной проблемы в современных российских условиях. [1] Горошков Р. К., Касаткин А. А. в своей работе рассматривают реконструкцию как метод решения сложившейся проблемы. Целью диссертационного исследования Хохлова О. Б. является разработка методики оценки эффективности проектов реновации жилых. [2]

Коршунова Е. М. исследует проблемы реконструкции, посвященные ее градостроительным аспектам и общим методическим вопросам реконструкции жилищного фонда исторических городов. [4]

Над целесообразностью реконструкции или же полной замены здания работали Романова А. И, Хабибу-

лина А. Г. [18], Столбов П. П., Васильев С. Е [19], Рабцевич О. В., Маслова Е. А [20], Акуленко И. В., [3] Алиева Ж. М., Трушковская Е. Д., [13] Овсянников С. Н. [17], и другие. [5–17]. Разные взгляды на проблему реконструкции жилищного фонда можно найти и в работах иностранных авторов, таких как Beckhoven, E., Kempen, R., Blokland. T, Andre Quwehand и Wenda Doff, Cole, I., Gidley, G., Ritchie, C [21–24] и многие другие.

**Цель:** Повышение эффективности управления реконструкцией и капитальным ремонтом жилищного фонда крупного города на основе проектно-процессного подхода. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- оценка и анализ современного состояния жилищного фонда
- раскрытие сущности понятия реконструкции жилых кварталов;
- анализ существующих методов реконструкции;
- развитие методических основ при оценке эффективности комплексной реконструкции жилых кварталов;
- разработка целевой программы комплексной реконструкции жилых кварталов центра Санкт-Петербурга;

Значимость жилищной сферы многогранна. Жилищная сфера, представляя важнейший сектор экономики, включает в себя огромный социально-экономический потенциал страны. В социальном аспекте жилищная сфера удовлетворяет первичные жизненные потребности человека и представляет жизненно важные интересы всего населения страны.

На конец 2009 г. жилищный фонд Российской Федерации составил 19650 тыс. зданий общей площадью 3177 млн. м<sup>2</sup>, в том числе в городских поселениях 2293 млн. м<sup>2</sup> (72%), а в сельской местности 884 млн. м<sup>2</sup> (28%). Жилищный фонд состоял из 3224 тыс. многоквартирных зданий (МКД) общей площадью 2237 млн. м<sup>2</sup> и 16426 тыс. индивидуальных жилых зданий (ИОЗ) общей площадью 974 млн. м<sup>2</sup>. В 2000–2009 гг. весь жилищный фонд вырос на 14%. Его динамика определялась вводом и выбытием жилой площади за счет разных факторов. Источник: Данные Росстата. Форма «1-жилфонд»

Помимо нового строительства, площадь прирастает за счет перевода нежилых помещений в жилые, уточнения при инвентаризации и по прочим причинам. Только в первом случае площадь зданий физически увеличивается.

В Петербурге каждое пятое из жилых зданий построено до 1917 года. Доля таких построек в совокупности составляет около 15% от общей площади жилых



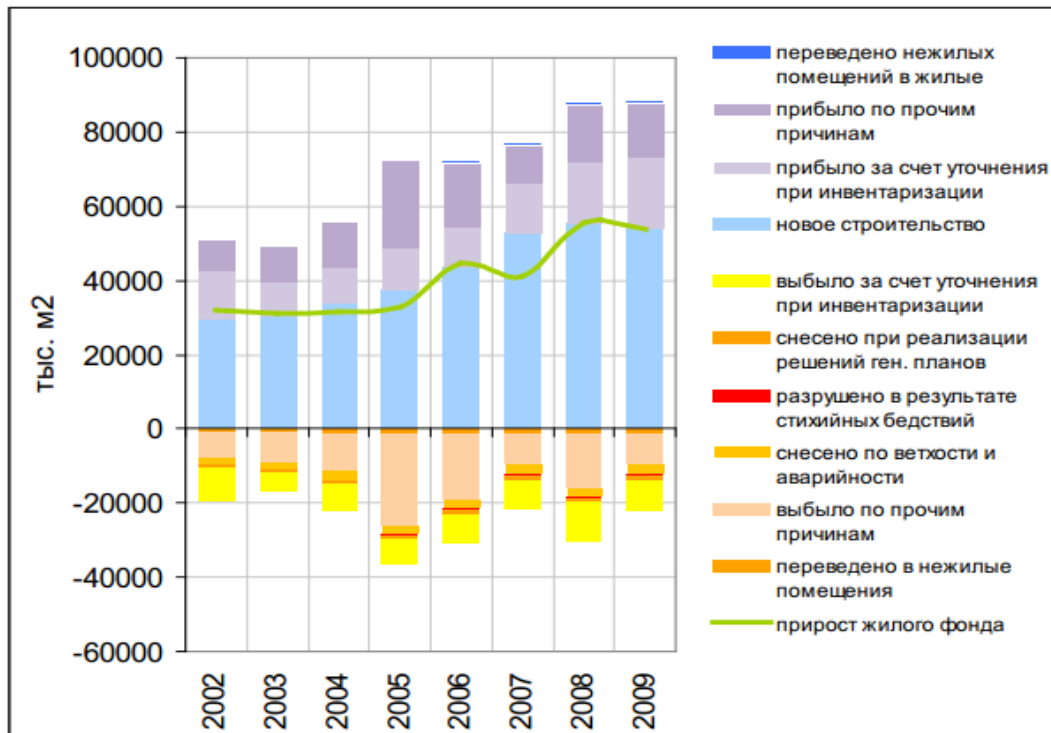


Рис. 1. Факторы, определявшие динамику жилищного фонда

зданий. Результатом того, что в течение многих лет на ремонт жилых зданий не выделялось достаточное количество финансовых средств, является огромное количество жилых зданий, находящихся в аварийной ситуации и характеризующихся повышенным износом. [5]

Одной из главных причин, побуждающих к увеличению объемов реконструкции, является тот факт, что Петербург испытывает дефицит в площадях, которые были бы пригодными для массовой застройки и не требовали бы проведения сложных мероприятий по подготовки местности с инженерной точки зрения.

Санкт-Петербург располагает 1,176 млн. кв. м. ветхого и аварийного жилья, значительная доля из которого не расселена. [13]

Порядок формирования Региональной адресной программы по проведению капитального ремонта многоквартирных домов в Санкт-Петербурге регламентируется постановлением Правительства города от 20.01.2009 № 13 «О капитальном ремонте многоквартирных домов расположенных на территории Санкт-Петербурга».

Комплексная реконструкция сложившихся районов представляет собой процесс переустройства городской среды, содержание и продолжительность которого определяются взаимосвязанными действиями по проектированию, планированию и проведению реконструктивных мероприятий. В связи с этим понятие комплексности охватывает как планирование объектов реконструкции, так и методы реализации проектных решений. [10]

Комплексный подход как методологический принцип проектирования может обеспечить нормальные условия

проживания и функционирования городских объектов в сложившейся городской среде, так как предполагает:

- взаимосвязанное решение по обновлению всех элементов (зданий, сооружений, коммуникаций, участков территории) реконструируемого района или квартала;
- доведение всех элементов до нормативного уровня качества.

Чем сложнее объект по своему функциональному составу и больше по размерам, тем сложнее комплекс задач, которые должны решаться взаимосвязано.

Объектом проектирования комплексной реконструкции могут быть также отдельно сложившиеся жилые образования группы кварталов, кварталы, группы домов. При проектировании комплексной реконструкции жилых районов основное внимание должно быть обращено на взаимную увязку решений по планировочной организации жилой территории, сносу малоценных и строительству новых жилых зданий, а также капитальному ремонту и реконструкции сохраняемых жилых домов. [17]

На данный момент управление реконструкцией в Санкт-Петербурге осуществляется по средствам реализации инвестиционно-строительных проектов реконструкции, при реализации их за счет государственного бюджета в роли заказчика выступает Комитет по строительству Администрации города, в случае реализации проекта за частные средства заказчиком является либо инвестор, либо лицо, уполномоченное на то инвестором. Также в функции Комитета по строительству в отношении реконструкции входят: осуществление от имени Санкт-

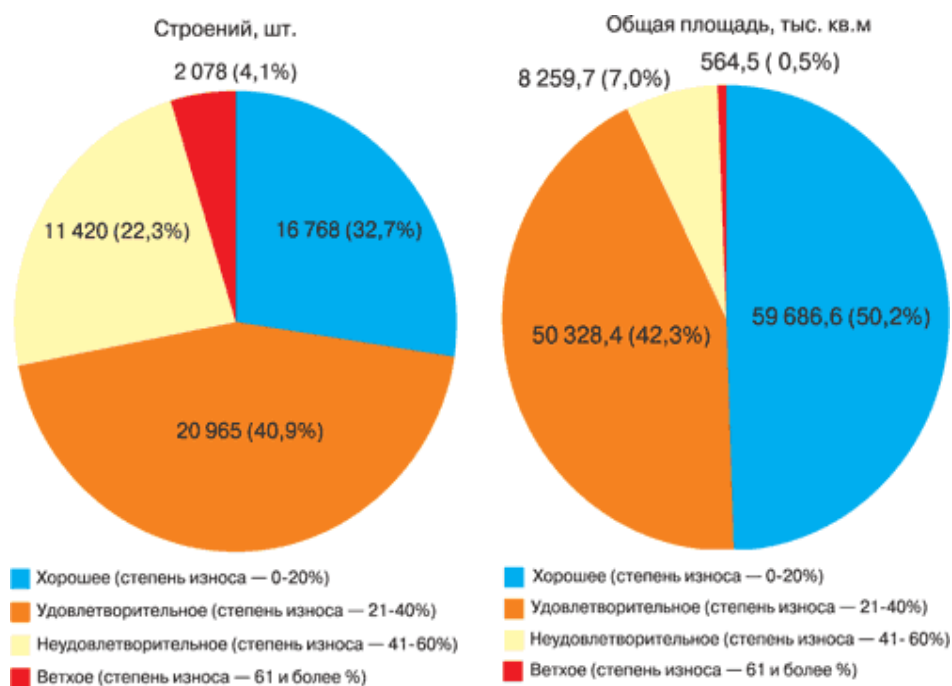


Рис. 2. Техническое состояние жилого фонда Петербурга

Петербурга функций заказчика на строительство и реконструкцию промышленных и гражданских объектов; организация и проведение конкурсов на размещение государственных строительных заказов; заключение договоров на строительство и реконструкцию объектов за счет бюджетных средств; развитие и реконструкция территорий Санкт-Петербурга; предоставление объектов недвижимости и имущественных прав на них на инвестиционных условиях. [12]

Зарубежный опыт по созданию негосударственных ассоциаций направленных на эффективное управление процессами реконструкции жилой застройки следует адаптировать к российским условиям учитывая специфические особенности общественного устройства. Вместе с тем, необходимость создания органа, обеспечивающего консолидацию всех заинтересованных сторон процесса реконструкции и восстановления жилой застройки города доказана анализом существующей системы управления, который позволил выявить нарушения механизма обратной связи между субъектом и объектом управления. В качестве такого органа автором предложено учредить Департамент реконструкции жилой застройки Санкт-Петербурга.

Формирование эффективной системы управления реконструкцией жилищного фонда города, должно основываться на включении в процесс управления всех заинтересованных участников, а консолидирующим их интересы органом, как надсубъектной структурой будет выступать Департамент, как орган выполняющий функции государственного регулирования и база для формирования партнерских отношений между государством, бизнесом, гражданами. [13]

Предлагаемая модель состоит из субъекта управления, включающего два уровня: надсубъектную структуру и основного субъекта, состоящего из собственников и арендаторов жилья, управляющих и инвестиционно-строительных компаний. Внешней по отношению к ней является структура субъектов, состоящая из СРО, активные группы граждан, подрядные организации, органы государственной власти, различные организации бизнеса.

### Заключение

Застройка Санкт-Петербурга формировалась на протяжении более 300 лет и состоит из жилой застройки и сооружений не жилого назначения. Особенности застройки Санкт-Петербурга накладывают ряд ограничений на процесс воспроизводства — жилищного фонда города и определяют баланс между требуемыми объемами капитального ремонта, реконструкцией и новым строительством. В свою очередь реконструкция и капитальный ремонт на современном этапе являются наиболее востребованными формами воспроизводства жилищного фонда Санкт-Петербурга.

В важнейших государственных документах, в качестве наиболее эффективного метода решения крупных народно-хозяйственных проблем назван комплексный подход с ориентацией на конечный результат работы. Комплексность как метод реализации проекта реконструкции состоит в одновременном осуществлении мероприятий, предусмотренных проектом, и их завершении в относительно короткие сроки. В условиях сохранения больших объемов старого жилого фонда повышение эффективности проектирования комплексной реконструкции должно заклю-



чаться в обеспечении взаимосвязанных решений по планировочной организации объекта реконструкции (квартала, группы кварталов, района) и обновлению (капитальному ремонту, реконструкции) опорных жилых зданий.

Организационно-экономический механизм управления реконструкцией жилищного фонда исторического центра города как совокупность трех подсистем: организационно-управляющий во главе с Департаментом развития исторического центра, нормативно-информационной на ос-

нове Единой автоматизированной информационной базы системы управления, финансово-экономической путем создания Фонда развития исторического центра. Данный механизм позволяет разработать и реализовать стратегические градостроительные программы развития жилых территорий исторического центра; определить баланс между сохранением и преобразованием исторических жилых территорий, консолидировать усилия субъектов процесса преобразования.

#### Литература:

1. Бузырев, В. В. Реновация жилых домов как важный фактор увеличения жизненного цикла жилищного фонда в регионе // Проблема современной экономики. 2012. № 4 (44). с. 285–288.
2. Хохлов, О. Б. Оценка эффективности проектов и программ реновации жилого фонда // Диссертации на соискание ученой степени кандидат экономических наук: 08.00.05. Томск 2006. 159 с.
3. Акуленко, И. В. Эффективность реконструкции жилых зданий на примере (Санкт-Петербурга) // Диссертация на соискателя ученой степени кандидат экономических наук: 08.00.05 СПб., 2004. 149 с.
4. Коршунова, Е. М. Методические основы повышения эффективности реконструкции жилых кварталов центральных районов Санкт-Петербурга // Диссертация на соискателя ученой степени кандидат экономических наук: 08.00.05 СПб., 2007. 177 с.
5. Бабакин, В. И. Переустройство жилищного фонда / М.: Стройиздат, 1981. 79 с.
6. Березин, А. О. Методические основы совершенствования структуры воспроизводства жилищного фонда крупного города в современных условиях (на примере Санкт-Петербурга): автореферат, диссертация на соискателя ученой степени кандидат экономических наук: 08.00.05. СПб. 2002. 20 с.
7. Перов, В. А. Современное состояние и содержание процессов ремонта объектов жилищного фонда // Проблемы современной экономики, № 3 (35), СПб. 2010, с. 387–392.
8. Костецкий, Н. Ф. Зарубежный опыт государственного регулирования воспроизводства жилищного фонда, его сохранения и модернизации // Экономика строительства. 2003. № 1. с. 13–30.
9. Круглик, С. И. О мерах по реализации Национального проекта «Доступное и комфортное жилье — гражданам России» // Экономика строительства. 2005. № 12. с. 2–20.
10. Осипов, Ю. Л. Капитальный ремонт многоквартирных домов в Санкт-Петербурге: проблемы и развитие // Проблемы современной экономики. 2013. № 3 (47). с. 393.
11. Черкасов, П. С. Проблема жилья и состояние жилищного строительства в российских регионах // Проблемы современной экономики. СПб. 2013. № 3 (47). с. 300–303.
12. Ставрова, М. В. Разработка методов и средств управления процессом производства капитального ремонта и реконструкции с учетом фактора комфортности проживания // автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.02.22 Иванова 2012. 23 с.
13. Трушкова, Е. Д. Формирование модели эффективного управления реконструкцией жилищного фонда Санкт-Петербурга // Электронный научный журнал. 2011. № (33) УЭКС, 9.
14. Грабовый, П. Г., Гогуа Н. К., Хайкин В. Г. Теоретические основы управления реконструкцией и обновлением сложившейся застройки города. Методическое пособие. М.: Изд-во МГСУ, 2004. 268 с.
15. Бачурина, С. С. Мегалополис: методы и модели управления процессами комплексной реконструкции сложившейся застройки. М.: Изд-во СИНТЕГ, 2004. 224 с.
16. Веденева, О. В. Совершенствование экономико-организационного механизма реконструкции и капитального ремонта жилищного фонда // Муниципальная экономика. 2012. № 4 (52). с. 92–98.
17. Овсянников, С. Н. Перспективы реконструкции жилых домов массовых серий в г. Томске // Вестник ТГАСУ. 2010. № 2.
18. Романова, А. И., Хабибулина А. Г. Методика аккумуляции денежных средств инвесторов в рамках реализации программ воспроизводства жилого фонда и оплаты жилищно-коммунальных услуг. // Известия КГАСУ, 2011. № 3 (17).
19. Столбов, П. П., Васильев С. Е. Анализ и обобщение теоретических подходов к воспроизводству жилищного фонда. // Сборник материалов межвузовского научно-методического семинара. Выпуск 10, Новосибирск СГГА 2007
20. Рабцевич, О. В., Маслова Е. А. Оценка уелесообразности жилой застройки на основе программно-целевого подхода. // Сборник научных трудов IX Всероссийской научно-практической конференции «Фундаментальные проблемы модернизации экономики России»

21. Yong Cheng. Thoughts on Reconstruction of Financial Control System in Chinese Listed Companies in Perspective of Systems Theory. // International Journal of Business Administration. №.3 (4); 2012. С. 67–71.
22. Beckhoven, E. van and Kempen, R. Van. Social Effects of Urban Restructuring: A Case Study in Amsterdam and Utrecht, The Netherlands // Housing Studies, 2003. 18 (6). С. 853–875.
23. Blokland, T. Middle-class People as Means // Beleid en Maatschappij, 2001. №28 (1), С. 42–53.
24. Cole, I., Gidley, G., Ritchie, C., Simpson, D. and Wishart, B. Creating Communities of Welfare Housing? A Study of Housing Association Developments in Yorkshire Humberside, Chartered Institute of Housing. 1997.

## Сравнение способов усиления железобетонных консолей колонн по технико-экономическим показателям

Жуков Александр Николаевич, кандидат технических наук, старший преподаватель  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Усиление — основное средство увеличения продолжительности эксплуатации конструкций, особенно при реконструкции. В некоторых случаях затраты на усиление могут достигать значительных размеров и поэтому перед проектировщиками ставится задача доказать его экономическую целесообразность. Только после определения стоимости материалов и трудоемкости усиления, а также продолжительности работ по усилению и времени остановок производства можно окончательно решить, надо ли строить новое сооружение или реконструировать старое.

Выбор эффективных способов усиления конструкций позволяет в кратчайший срок, без остановки производства или с минимальными перерывами выполнить работы по реконструкции с учетом условий эксплуатации.

Сравнение вариантов усиления производится по следующим показателям: масса элементов усиления; стоимость основных материалов, необходимых для усиления; трудоемкость и стоимость изготовления; трудоемкость и стоимость выполнения работ по усилению; потери прибыли из-за остановки производства на участке выполнения работ по усилению. Предметом исследования являются способы усиления железобетонных консолей колонн.

Технико-экономический анализ выполнен для следующих способов:

- усиление затяжками;
- бетонирование подконсольной части;
- подведение под подкрановые балки новых стальных колонн;
- способ, предложенный I. Tups;
- разработанные автором способы с использованием балансирных устройств и сталетрубобетонных обойм [1].

Расчёт материалоемкости произведём для реальной консоли колонны, эксплуатирующейся на одной из ТЭЦ г. Пензы. В качестве критической силы выберем расчётную нагрузку на консоль, равную 82,6 т. Отметка уровня консоли +16.000 м, высота консоли 1,8 м.

Расчет трудоемкости проведен в соответствии с ГЭСН №46 — «Работы при реконструкции зданий и сооружений» [2] и ГЭСН №13 — «Защита строительных конструкций и оборудования от коррозии» [3] (см. табл. 1).

Расчёт производился путем умножения объёма на соответствующий определитель. Для определения трудоемкости способа подведения новых колонн под подкрановые балки [4] использовались данные из первоисточника. Расчёт носит приблизительный характер, так как для большинства рассматриваемых способов отсутствуют ме-

Таблица 1. Сводная таблица трудоемкости и стоимости выполнения выбранных способов усиления консолей колонн

Определитель	Затраты труда рабочих, чел/ч	Машины и механизмы, маш/ч	Оплата труда рабочих, руб.	Стоимость использования машин и механизмов, руб.
Усиление монолитными железобетонными обоймами (на 1 м <sup>3</sup> )	98,38	2,82	773,28	147,87
Усиление железобетонных колонн стальными обоймами (на 1 т)	50,13	12,36	423,1	53,47
Обетонирование металлических элементов, заполнением бетоном (на 1 м <sup>3</sup> )	29,22	2,76	255,97	36,06
Усиление углепластиком (на 1 м <sup>2</sup> )	20,31	3,5	210,21	29,28

Таблица 2. Технико-экономические показатели

Способ усиления	Расход металла, т	Расход бетона, м <sup>3</sup>	Трудоёмкость, чел-ч (маш-ч)	Остановка производства	Дополнительные работы	Осложнения эксплуатации
Усиление консолей колонн преднапряжёнными затяжками	0,226	—	11,32 (2,8)	да	Выравнивание поверхностей для уголков, восстановление зоны опирания подкрановой балки	Периодическое восстановление величины преднапряжения арматуры
Бетонирование подконсольной части	0,17	4,36	428,94 (14,4)	да	—	Увеличение сечения колонны
Подведение под подкрановые балки новых стальных колонн	0,54	0,03	13,72 (2,82)	нет	Разборка пола до обреза фундамента, крепление стоек к фундаменту	Увеличение сечения колонны
Усиление углепластиком	Расход материала: эпоксидного клея — 14,18 кг, углеткани — 7,55 м <sup>2</sup>	—	20,31 (3,5)	нет	Восстановление зоны опирания подкрановой балки	—
Способ усиления консолей, предложенный I. Tupis	0,248	—	12,43 (3,065)	да	Восстановление зоны опирания подкрановой балки	Возможны крены всей обоймы
Балансирные устройства (автор)	0,21	—	10,52 (2,6)	нет	—	—
Сталетрубетонная обойма (автор)	0,241	0,21	18,21 (3,55)	нет	—	—

Таблица 3. Оценка стоимости выполнения способов усиления консолей колонн

Способ усиления	Стоимость металла «в деле», руб.	Стоимость бетона, руб.	Стоимость работ, кроме работ с металлоконструкциями, руб.	Стоимость использования машин и механизмов, руб.	Итого, руб.
Усиление консолей колонн преднапряжёнными затяжками	0,226 * 65000 = 14690	—	—	—	14690
Бетонирование подконсольной части	0,17 * 65000 = 11050	4,36 * 3900 = 17004	4,36 * 773,28 * 5 = 16857,5	4,36 * 147,87 * 5 = 3223,57	48135,07
Подведение под подкрановые балки новых стальных колонн	0,54 * 65000 = 35100	0,03 * 3900 = 117	0,03 * 255,97 * 5 = 38,4	0,03 * 36,06 * 5 = 5,4	35260,8
Способ усиления консолей, предложенный I. Tupis	0,248 * 65000 = 16120	—	—	—	16120
Углепластик	2,2 * 6,44 * 930 + 7,55 * 3066 = 36325	—	6,44 * 210,21 * 5 = 6768,76	—	44036,58
Балансирные устройства (автор)	0,21 * 65000 = 13650	—	—	—	13650
Сталетрубетонная обойма (автор)	0,241 * 65000 = 15665	0,21 * 4648 = 976	0,21 * 255,97 * 5 = 268,79	0,21 * 36,06 * 5 = 37,86	16947,65

тодики точного расчета и подбора поперечного сечения. Сводные данные по материалоемкости и трудоёмкости представлены в таблице 2.

Анализ таблицы 2 показывает, что большинство способов соизмеримы как по материалоемкости, так и по трудоёмкости. Способы, предложенные автором, имеют приемлемую трудоёмкость, особенно это касается балансирных устройств. Способ восстановления работоспособности консолей колонн с использованием стале-трубобетонных обойм предполагает несколько большую трудоёмкость по сравнению с балансирными устройствами (за счет необходимости заполнения бетоном), которая компенсируется высокой прочностью при сопоставимых затратах стали на конструкции.

Предложенные автором способы не требуют выполнения дополнительных работ на стадии монтажа и последующей эксплуатации конструкции в отличие от остальных способов, имеющих ряд недостатков, поэтому они вносят коррективы в стоимость устройства и обслуживания конструкций.

Оценка стоимости выполнения существующих и предложенных автором способов усиления консолей колонн произведена в ценах по состоянию на начало 2014 года на основании расчёта материалоемкости и трудоёмкости.

Оплата труда рабочих и стоимость использования машин и механизмов приняты в соответствии с выбранными определителями в таблице 1 по ТЕР №13 «Защита строительных конструкций и оборудования от коррозии» [5] и ТЕР №46 «Работы при реконструкции зданий и сооружений» [6].

#### Литература:

1. Нежданов, К.К., Жуков А.Н. Восстановление работоспособности железобетонных консолей колонн: моногр. — Пенза: ПГУАС, 2014. — 156 с.
2. Государственные элементные сметные нормы на строительные работы. Сборник 46. Работы при реконструкции зданий и сооружений. — М.: Госстрой России, 2000. — 68 с.
3. Государственные элементные сметные нормы на строительные работы. Сборник 13. Защита строительных конструкций и оборудования от коррозии. — М.: Госстрой России, 2000. — 48 с.
4. Усиление консолей колонн дополнительной опорой [Электронный ресурс] URL: <http://www.bntu-sf.com/?p=156> (дата обращения 26.05.11)
5. Территориальные единичные расценки на строительные работы. Сборник 13. Защита строительных конструкций и оборудования от коррозии. — М.: Госстрой России, 2000. — 24 с.
6. Территориальные единичные расценки на строительные работы. Сборник 46. Работы при реконструкции зданий и сооружений. — М.: Госстрой России, 2000. — 23 с.
7. Бетон-Пенза [Электронный ресурс] URL: <http://beton-penza.ru/> (дата обращения 20.01.2014)

Стоимость выполнения работ по единичным расценкам при перерасчете в цены 2014 года вычисляется путем умножения на коэффициент, равный 5 (по данным Регионального центра ценообразования в строительстве и промышленности строительных материалов по Пензенской области на январь 2014 года коэффициент перерасчета составляет от 5 до 5,5). Стоимость 1 тонны металла «в деле» (оплата выполнения работ с учетом стоимости материала) — 65000 рублей. Стоимость бетона класса В15—3900 рублей [7]. Стоимость усиления углепластиком состоит из стоимости углеткани и эпоксидного клея [1].

Сводный расчет стоимости выполнения существующих и предложенных автором способов усиления консолей железобетонных колонн представлен в таблице 3.

Анализ таблицы 3 показывает, что предложенный автором способ усиления консолей колонн с помощью балансирных устройств требует наименьших финансовых затрат по сравнению с остальными способами. Усиления с помощью сталетрубобетонной обоймы соизмеримо по стоимости с выполнением усиления, предложенного I. Tups, и усиления преднапряженными затяжками.

Таким образом, технико-экономический анализ показал, что материалоемкость и трудоёмкость предложенных автором способов несколько меньше по сравнению с существующими методами, при этом дополнительные работы и осложнения эксплуатации отсутствуют. Стоимость выполнения существующих способов усиления консолей колонн в большинстве случаев превосходит стоимость выполнения предложенных автором способов в несколько раз.

## Вакуумметры с чувствительными элементами на основе пористых наноструктурированных материалов состава $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2$

Игошина Светлана Евгеньевна, кандидат физико-математических наук, доцент;  
Карманов Андрей Андреевич, аспирант;  
Сигаев Александр Петрович, студент  
Пензенский государственный университет

Вакуумметры находят широкое применение во многих отраслях человеческой деятельности. В химическом производстве достаточно часто используются легко воспламеняемые растворители с высоким давлением пара, при их контакте с воздухом может возникнуть взрывоопасная смесь. Поэтому химические реакции с ними проводят в вакууме или инертных газах при строго определенном давлении, которое не должно снижаться ниже пограничного значения. К датчикам вакуума, используемым в химическом производстве, предъявляют повышенные требования по химической стойкости, потребляемому энергопотреблению и точности измерения. Наиболее часто используются деформационные вакуумметры с чувствительными элементами в виде химически стойких мембран [1].

Пищевые продукты и сыворотки, подвергнутые лиофилизации, чувствительны к изменению температуры, в связи с чем, особое внимание уделяется сохранению их внутренней структуры. После их заморозки выполняют понижение давления, которое приводит к формированию кристаллов льда. Технологические режимы контролируются с помощью высоконадежных вакуумметров с высокой повторяемостью измерений [2].

Датчики вакуума используются при производстве полупроводниковых и электронных компонентов, например, при сращивании полупроводниковых пластин через байпас посредством форвакуумного насоса происходит вакуумирование до необходимого уровня, после чего систему переключают на высоковакуумный насос. Дальнейшие процедуры выполняются в состоянии высокого вакуума. Давление в байпасе в ходе вакуумирования тщательно контролируют во избежание повреждений системы высокого вакуума. При сращивании пластин отслеживают уровень вакуума внутри, поскольку от него зависит качество результата. Наиболее часто используются термодатчики вакуумметры и датчики вакуума Пирани [3].

Существующие вакуумметры не полностью удовлетворяют предъявляемым к ним требованиям. Их общим недостатком является большие массогабаритные размеры, инерционность и энергопотребление [4], поэтому актуальной задачей становится разработка датчиков вакуума лишенных вышеуказанных недостатков, за счет использования новых материалов в конструкции и принципов работы.

На текущий момент времени практически отсутствуют работы, посвященные созданию вакуумметров на основе наноматериалов. Сообщалось о создании и из-

учении свойств вакуумметров на основе наноструктур  $\text{ZnO}$  с  $n$ -типом проводимости [5]. Нанопроволоки из оксида цинка выращивались из порошка  $\text{Zn}$ , термически испаренного в кварцевом реакторе горизонтального типа. Проводилось измерение тока текущего через наноструктуру при изменении уровня вакуума, его величина составляла 17, 34.28, 57.37 и 96.06 нА при давлениях  $1 \cdot 10^{-3}$ ,  $1 \cdot 10^{-4}$ ,  $3 \cdot 10^{-5}$  и  $5 \cdot 10^{-6}$  Торг соответственно. В работе [6] предложен вакуумметр на основе нанопроволок  $\text{ZnO}$  с  $p$ -типом проводимости. Нанопроволоки выращивались электроосаждением из водного раствора в электрохимической ячейке с двумя электродами. Показано, что ток, протекающий через наноструктуры  $\text{ZnO}$  с  $p$ -типом проводимости в изготовленном вакуумметре, с повышением давления линейно возрастает в полулогарифмических координатах. В диапазоне давлений 1–100 кПа величина протекающего тока изменяется на один порядок.

Как показывают исследования [7–12], пористые наноструктурированные пленки на основе полупроводниковых оксидов активно взаимодействуют с атмосферой, в результате чего на их поверхности адсорбируются различные газы, такие как кислород, углекислый газ, пары воды и т.д. При уменьшении давления ниже атмосферного происходит процесс десорбции газов, в результате чего их электрофизические параметры изменяются. Данное явление может быть использовано при разработке вакуумметров с чувствительными элементами на основе наноматериалов.

Пористые наноструктурированные пленки на основе  $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2$  получены золь-гель методом [13–23]. Использовались пленкообразующие золи на основе тетраэтоксисилана (ТЭОС), гидролизованного в кислой среде. В качестве модифицирующей примеси применялось олово двухлористое двухводное ( $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Золь наносился на подложки из окисленного монокристаллического кремния размером  $5 \times 5 \text{ мм}^2$  методом центрифугирования при скорости вращения столика 4000 об/мин. Отжиг осуществлялся при температуре  $600^\circ\text{C}$  в течение 30 минут в воздушной среде. Планарные серебряные контактные площадки формировались методом термического испарения в вакууме. Чувствительные элементы датчиков вакуума, изготовленные золь-гель методом, имеют габаритные размеры не более  $5 \times 5 \text{ мм}^2$ , массу не более 2 г и энергопотребление не более 0.1 мВт [24–26].

На рисунке 1 представлено относительное изменение сопротивления пористых наноструктурированных пленок на основе диоксид олова — диоксид кремния при изменении уровня вакуума. Измерения проводились в диапа-



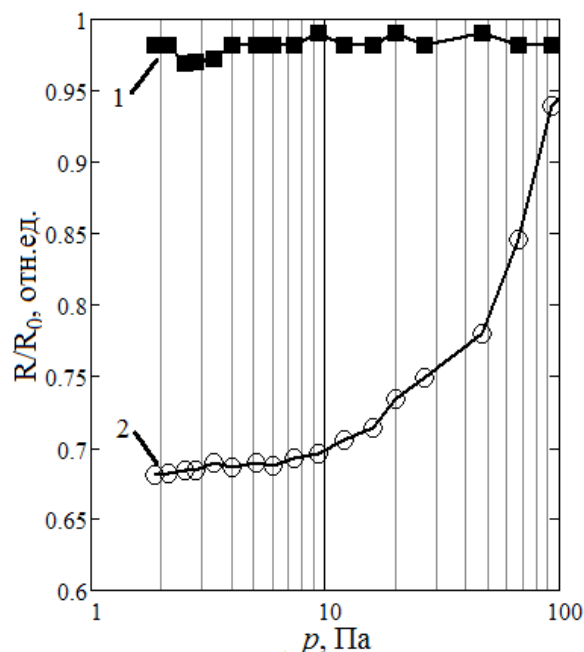


Рис. 1. Относительное изменение сопротивления пористых наноструктурированных пленок на основе  $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2$  с массовой долей диоксида олова 80% при изменении уровня вакуума; 1 — образец закрыт газонепроницаемым покрытием; 2 — образец открыт для десорбции газов

зоне давление 1–1000 Па. За начальное принято сопротивление пленок при атмосферном давлении.

Как видно из рисунка 1, сопротивление чувствительного элемента вакуумметра монотонно убывает при уменьшении давления. Предположительно основной вклад в изменение электрофизических параметров пористых наноструктурированных пленок на основе  $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2$  вносит процесс десорбции кислорода [27–30]. При уменьшении давления ниже атмосферного вблизи поверхности пленки будет существовать градиент концентрации кислорода. Следовательно, молекулы кислорода будут диффундировать во внешнюю среду. При этом электроны, захваченные отрицательно заряженными ионами кислорода

$\text{O}_2^-$  высвобождаются и возвращаются в зону проводимости, увеличивая плотность свободных носителей заряда. Вследствие этого, проводимость чувствительных элементов вакуумметров, изготовленных на основе полупроводниковых оксидов *n*-типа проводимости (каковым является диоксид олова), будет возрастать, а сопротивление соответственно уменьшаться.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что пористые наноструктурированные пленки на основе  $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2$  могут использоваться в качестве чувствительных элементов вакуумметров с малыми массогабаритными размерами, инерционностью и энергопотреблением.

Литература:

1. Голосков, В.В. Специальные вакуумметры для измерения взрывоопасных газов и паров с воздухом // Вакуумная техника и технология. — 2006. — Т. 16. — № 1. — с. 15–17.
2. Андреева, Е.В. Оборудование для обработки пищевых жидкостей (на примере молочных продуктов и плодово-ягодных соков) // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. — 2006. — № 2. — с. 366
3. Дрейзин, В.Э., Бондарь О.Г., Овсянников Ю.А., Поляков В.Г., Бородин С.Г., Пиккиев В.А., Поветкин Р.А. Устранение вариаций температуры внешней среды в теплоэлектрическом вакуумметре // Датчики и системы. — 2009. — № 5. — с. 48–51.
4. Деулин, Е.А., Гаценко А.А. История развития вакуумметров // Вакуумная техника и технология. — Т. 22. — № 1. — с. 3–12.
5. Shouu-Jinn Chang, Ting-Jen Hsueh, Cheng-Liang Hsu, Yan-Ru Lin, I-Cherng Chen and Bohr-Ran Huang A ZnO nanowire vacuum pressure sensor // Nanotechnology. — 2008. — V. 19. — 095505.
6. Капустянык, В.Б., Панасюк М.Р., Турков Б.И., Дубов Ю.Г., Сэркиз Р.Я. Нанопроволоки ZnO с р-типом проводимости — перспективный материал для создания вакуумметра // Физика и техника полупроводников. — 2014. — Т. 48. — № 10. — с. 1430–1433.



7. Аверин, И.А., Карманов А.А., Пронин И.А. Моделирование процессов газочувствительности полупроводниковых сетчатых композитов на основе  $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2$  // Труды международного симпозиума Надежность и качество. — 2012. — Т. 1. — с. 214–216.
8. Карпова, С.С., Грачева И.Е., Мошников В.А. Об особенностях спектров полной проводимости сетчатых нанокompозитных слоев на основе диоксида олова // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». — 2010. — №4. — с. 3–7.
9. Аверин, И.А., Игошина С.Е., Карманов А.А. Исследование частотных зависимостей емкости наноструктур на основе  $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2$  // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. — 2013. — №3 (27). — с. 168–175.
10. Пронин, И.А., Аверин И.А., Александрова О.А., Мошников В.А. Модифицирование селективных и газочувствительных свойств резистивных адсорбционных сенсоров путем целенаправленного легирования // Датчики и системы. — 2013. — №3 (166). — с. 13–16.
11. Аверин, И.А., Пронин И.А., Карманов А.А. Исследование газочувствительности сенсоров на основе наноструктурированных композиционных материалов  $\text{SiO}_2\text{-SnO}_2$  // Нано- и микросистемная техника. — 2013. — №5. — с. 23–26.
12. Давыдов, С.Ю., Мошников В.А., Федотов А.А. Адсорбция газов на полупроводниковых оксида: изменение работы выхода // Письма в Журнал технической физики. — 2004. — Т. 30. — №. 17. — с. 39–44.
13. Аверин, И.А., Карманов А.А., Мошников В.А., Печерская Р.М., Пронин И.А. Особенности синтеза и исследования нанокompозитных пленок, полученных методом золь-гель технологии // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. — 2012. — №2. — с. 155–162.
14. Мошников, В.А., Грачева И.Е., Аньчков М.Г. Исследование наноматериалов с иерархической структурой, полученных золь-гель методом // Физика и химия стекла. — 2011. — Т. 37. — №5. — с. 672–684.
15. Аверин, И.А., Карманов А.А., Печерская Р.М., Пронин И.А. Исследование золь ортокремневой кислоты методом ИК-спектроскопии // Труды международного симпозиума Надежность и качество. — 2012. — Т. 2. — с. 181–182.
16. Грачева, И.Е., Максимов А.И., Мошников В.А., Луцкая О.Ф. Фазовые и структурные превращения в нанокompозитах на основе  $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2\text{-In}_2\text{O}_3$  // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». — 2006. — №2. — с. 40–44.
17. Карманов, А.А. Особенности синтеза материалов для чувствительных элементов мультисенсорных систем золь-гель методом // Труды международного симпозиума Надежность и качество. — 2013. — Т. 2. — с. 115–118.
18. Pronin, I. A., Goryacheva M. V. Principles of structure formation and synthesis models of produced by the sol-gel method  $\text{SiO}_2\text{-MgO}$  nanocomposites // Surface and Coatings Technology. — 2013. — V. 235. — P. 835.
19. Аверин, И.А., Игошина С.Е., Карманов А.А., Пронин И.А. Моделирование образования золь-гель нанокompозитных пленок // Труды международного симпозиума Надежность и качество. — 2013. — Т. 2. — с. 201–205.
20. Мошников, В.А., Грачева И.Е., Пронин И.А. Исследование материалов на основе диоксида кремния в условиях кинетики самосборки и спинодального распада двух видов // Нанотехника. — 2011. — №2. — с. 46–54.
21. Игошина, С.Е., Карманов А.А., Сигаев А.П. Особенности ИК-спектров пропускания пленкообразующих зольей на основе тетраэтоксисилана, содержащих модифицирующие соединения // Молодой ученый. — 2014. — №9 (68). — с. 158–161.
22. Смирнова, И.В., Шилова О.А., Мошников В.А., Панов М.Ф., Шевченко В.В., Клименко Н.С. Исследование физико-химических свойств боросиликатных пленок, полученных золь-гель методом // Физика и химия стекла. — 2006. — Т. 32. — №4. — с. 632–646.
23. Аверин, И.А., Игошина С.Е., Печерская Р.М., Пронин И.А., Карманов А.А. Способ определения концентрации и среднего размера наночастиц в золе // Патент РФ на изобретение №2502980 от 27.12.2013.
24. Аверин, И.А., Васильев В.А., Печерская Р.М., Пронин И.А., Карманов А.А. Способ изготовления датчика вакуума с наноструктурой и датчик вакуума на его основе // Патент РФ на изобретение №2485465 от 20.06.2013.
25. Аверин, И.А., Васильев В.А., Печерская Р.М., Пронин И.А., Карманов А.А. Способ изготовления датчика вакуума с наноструктурой повышенной чувствительности и датчик вакуума на его основе // Патент РФ на изобретение №2506659 от 10.02.2014.
26. Аверин, И.А., Васильев В.А., Печерская Р.М., Пронин И.А., Карманов А.А. Способ изготовления датчика вакуума с наноструктурой заданной чувствительности и датчик вакуума на его основе // Патент РФ на изобретение №2505885 от 27.01.2014.
27. Аверин, И.А., Мошников В.А., Пронин И.А. Анализ влияния направленного легирования газочувствительного диоксида олова на формы и концентрацию адсорбированного кислорода // Нано- и микросистемная техника. — 2013. — №8. — с. 31–34.
28. Долотов, Н.И., Зильберман А.Б., Ильин Ю.А., Махин А.В., Мошников В.А., Яськов Д.А. Фазовый анализ тонких пленок олова при окислении на воздухе // Неорганические материалы. — 1994. — Т. 30. — №1. — с. 83–86.

29. Аверин, И. А., Мошников В. А., Пронин И. А. Влияние типа и концентрации собственных дефектов на свойства структур диоксида олова // Нано- и микросистемная техника. — 2013. — № 1. — с. 27–29.
30. Калинина, М. В., Мошников В. А., Тихонов П. А., Томаев В. В., Михайличенко С. В. Температурные исследования сопротивления металлоксидных полупроводников на основе диоксида олова // Физика и химия стекла. — 2003. — Т. 29. — № 4. — с. 582–590.

## Управление качеством на молокоперерабатывающих предприятиях

Кондратьева Анастасия Валентиновна, студент;

Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор;

Мазаев Алексей Николаевич, аспирант

Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет) (г. Челябинск)

Богатова Ольга Викторовна, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

Оренбургский государственный университет

*В статье представлены результаты анализа факторов, влияющих на качество молочной продукции.*

**Ключевые слова:** молоко, пороки, хранение, качество, безопасность, пищевая промышленность.

На кафедре прикладной биотехнологии ЮУрГУ разрабатывают новые виды продуктов питания животного происхождения, проводят оценку соответствия продовольственного сырья и молочных продуктов [1–8]. Для производителей молока наиболее актуальной системой управления качеством продукции является система НАССР. Это предупредительный метод, используемый в пищевой промышленности как гарантия производимых продуктов питания. Методика НАССР это прямая и логическая система контроля, основанная на предотвращении опасностей. Суть ее в следующем: на всех стадиях производства конкретного пищевого продукта, начиная от приемки сырья и заканчивая реализацией готовой продукции, на каждой технологической операции, необходимо выявить опасные факторы, которые могут угрожать безопасности продукции (микробиологические, токсикологические, механические, физические) и обеспечить управление процессами, позволяющее исключить влияние этих факторов. Риск — оценка вероятности и величины (силы) отрицательного воздействия опасного фактора, связанного с пищевыми продуктами, на здоровье населения.

На молокоперерабатывающих предприятиях существует определенный порядок приемки и оценки качества молока. Приемка должна осуществляться в соответствии с требованиями ГОСТ 13264–88. Согласно ГОСТ молоко коровье должно быть получено от здоровых животных, отфильтровано и охлаждено в хозяйстве не позднее чем через 2 ч после дойки до температуры не выше 8°C. При сдаче-приемке на предприятиях молочной промышленности оно должно иметь температуру не выше 10 °C. По внешнему виду и консистенции молоко должно быть однородной жидкостью белого или кремового цвета, без хлопьев и осадков, плотностью не менее 1027 кг/м<sup>3</sup>. В зависимости от физико-химических и ми-

кробиологических показателей сырое молоко подразделяется на три сорта.

Группа НАССР выявила и оценила все виды опасности, включая биологические, физические, химические, и выявила все возможно опасные факторы, которые могут возникнуть при приемке сырья. Критическая контрольная точка (ККТ) — этап обеспечения безопасности пищевой продукции, на котором важно осуществить мероприятия с целью предупреждения, устранения или снижения до приемлемого уровня опасности, угрожающей безопасности пищевой продукции.

Идентификация опасностей при приемке сырья: микробиологические (бактерии), физические (мелкие предметы, мусор).

*Микробиологические риски* — болезни пищевого происхождения, причиной которых они являются, представляют собой важную проблему в области здравоохранения, которая становится все более и более актуальной. Большинство стран, в которых созданы системы регистрации случаев болезней пищевого происхождения, отмечают существенное увеличение на протяжении последних десятилетий, распространенности болезней, вызванных содержащимися в пище микроорганизмами, включая такие патогены, как *Salmonella*, *Campylobacter jejuni* и энтерогеморрагическая кишечная палочка, а также болезни, вызываемые такими паразитами, как *coli cryptosporidium*, *cryptospora* и трематоды.

Гигиенические нормативы по микробиологическим показателям включают контроль за 4 группами микроорганизмов: санитарно-показательными, к которым относятся мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы — МАФАНМ, бактерии группы кишечных палочек — БГКП (КОЛИ-ФОРМЫ); условно-патогенными микроорганизмами, к которым относятся *Escherichia coli*, бактерии рода *Proteus*, *Bacillus cereus*

и сульфатредуцирующие клостридии; патогенными микроорганизмами (сальмонеллы и другие); микроорганизмами порчи — дрожжи, и плесневелые грибы.

*Физические опасности* — наиболее общий тип опасности, который может проявляться в пищевой продукции, характеризующийся присутствием инородного материала. Физические опасности, подобно биологическим и химическим опасностям, могут проникать в продовольственный продукт на любой стадии производства. Риск причинения ущерба здоровью потребителя невысок для большинства инородных предметов, поскольку многие из них могут быть острыми или достаточно

жесткими, чтобы причинить физическое повреждение. Но в любом случае потребителю будет неприятно обнаружить посторонний предмет в пище. Однако некоторые физические опасности могут представлять вполне ощутимую угрозу для здоровья. Осколки стекла и твердого пластика являются объектом повышенной опасности. Попадание осколков в продукцию создает прямую угрозу здоровью потребителей. Таким образом, необходимы мероприятия для предотвращения попадания посторонних предметов в продовольственный продукт. Анализ риска на каждом этапе процесса получения сырого молока представлен в таблице 1.

Таблица 1. Анализ факторов риска

Этап	Риск	Контролирующие действия	Степень риска
2.1. Коровы входят в помещение коровника	Отсутствует	—	—
2.2. Фиксация коров	Отсутствует	—	—
2.3. Кормление коров	Загрязнение корма микотоксинами, тяжелыми металлами, пестицидами и нитратами. Токсическое свойство: присутствие плесени или в целом недоброкачественный корм приведет к заболеваниям животных. Травостой влияет на жирность и содержание белка в молоке	Лабораторные исследования качества кормов, обеспечение высокого качества. Заготовку кормов производить с соблюдением требований ГОСТов: силос: ГОСТ 2363890, сено: ГОСТ 480887. Отсутствие плесени, тяжелых металлов, пестицидов. Подготовку кормов и кормление проводить по инструкции	Высокая
2.4а. Чистка коров	Механическое загрязнение при доении. Микробиологическое загрязнение: наличие патогенных и споровых бактерий на волосяном покрове животного	Соблюдение правил гигиены животного	Высокая
2.4б. Личная гигиена доярки	Микробиологический. Может иметь место перекрестное заражение от больных коров к здоровым, от больного человека к животному и наоборот. Грязные руки являются причиной разноса бактериальной инфекции	Чистая спецодежда, мытье рук перед дойкой; порезы рук защитить пластырем или водонепроницаемым материалом, после туалета мыть руки и высушивать под воздушным полотенцем; иметь санитарную книжку	Высокая
2.4 в. Мойка емкости для хранения молока	Рост микроорганизмов, высокое содержание патогенных и спорообразующих микроорганизмов, а также их токсинов	Мойка емкости согласно инструкции. Контроль за ее эффективностью	Высокая
2.4 г. Выбор режима дойки на доильной установке	Микробиологический: заболевание маститом ухудшает состояние вымени. При спонтанном отделении доильных стаканов от сосков возможно попадание механических примесей в молоко.	Контроль за уровнем вакуума и числом пульсаций. Не допускать подсоса воздуха в системе	Высокая
2.4д. Установка фильтра насадки или очистителя	Физическое загрязнение молока посторонними примесями	Контроль за целостностью устанавливаемого на замену фильтра	Высокая
2.4е. Помещение молочного шланга в молочный танк	Отсутствует	—	—

2.4ж. Включение вакуумного насоса и пульсаторов	Отсутствует	—	—
2.5. Подготовка вымени к дойке	Микробиологический: высокий уровень загрязнения молока патогенными и спорообразующими бактериями. Физический: наличие посторонних примесей	Вымя и соски моют чистой водой и вытирают насухо одноразовыми салфетками	Высокая
2.6. Сдаивание первых струек молока	Микробиологический: условнопатогенные токсинообразующие микроорганизмы маститного молока. Насыщенность бактериями и соматическими клетками. Наличие в молоке посторонних примесей (напр., крови)	Сдаивать первые струйки молока в отдельную кружку с черным фоном	Высокая
2.7. Надевание доильного аппарата на соски	Физический. При неправильном надевании аппарата может произойти подсос воздуха; за счет такого резкого механического воздействия может произойти расщепление жиров, что приведет к появлению горького вкуса молока и травмам сосков, попаданию посторонних предметов при спонтанном падении стаканов	Доильные аппараты присоединять сразу же после подготовительных работ в течение 1 минуты, держать аппарат в руке, ближайшей к голове коровы, и начинать подсоединять первый доильный стакан. Каждый стакан надевать с минимальным поступлением воздуха.	Небольшая
2.8. Завершение дойки и снятие аппарата	Отсутствует	—	—
2.9а. Дезинфекция сосков	Микробиологический: дезинфекция является эффективной мерой против воспаления вымени, снижает риск возникновения новых заболеваний на 50%	Смачивать соски дезраствором с добавкой смягчающего кожу средства, т. к. в течение 30 мин. после доения сфинктер соска остается открытым, а сосок незащищенным от проникновения микробов	Высокая
2.9б. Коров, получающих антибиотики, доят в последнюю очередь	Микробиологический и химический: загрязнение молока антибиотиками.	Провести лечение больных животных. Вести учет проводимого лечения и доить их в последнюю очередь, отделив их от основного стада. Вести учет больных животных	—
2.9 в. Утилизация молока, не подлежащего продаже	Микробиологический: патогенные и спорообразующие бактерии, ингибирующие вещества. Физическое присутствие в молоке посторонних примесей	Молоко, не подлежащее продаже, необходимо сливать в отдельную посуду	Высокая
2.9 г. Мойка аппарата чистой водой	Микробиологический: предварительная мойка теплой водой препятствует развитию патогенных бактерий	Соблюдение инструкции по мойке молочного оборудования	Высокая
2.10а. Молочный шланг убирают из молочного танка, фильтр снимают со шланга и утилизируют	Отсутствует	—	—
2.10б. Молочный шланг помещают в дренажный слив	Отсутствует	—	—

2.10 в. Мойка доильного оборудования: молочную установку промывают согласно инструкции	Микробиологический: загрязнение молока из-за высокого уровня содержания патогенной микрофлоры (их спор или токсинов) в непромытом оборудовании. Химический: загрязнение из-за остаточного количества моющего средства в системе	Эффективная промывка оборудования согласно инструкции. Температура горячей воды при промывке. Концентрация моющего раствора. Полное промывание раствора из системы. Контроль за промывкой	Высокая
2.10 г. Уборка помещения	Физический: санитарное состояние окружающей среды влияет на запах и вкус молока. Микробиологический: бактерии группы кишечных палочек могут находиться в навозе и подстилке	Соблюдать инструкцию по гигиене содержания животных	Высокая
2.11. Охлаждение	Микробиологическое: загрязнение молока из-за развития патогенной и условнопатогенной микрофлоры (присутствия их спор или токсинов)	Охлаждение молока после дойки до +4 °С	Высокая
2.12. Сбор молока в молочный танк	Отсутствует	—	—
2.13. Перекачка молока в автомолцистерну для перевозки	Микробиологическое: загрязнение патогенными и спорообразующими бактериями	Автомолцистерны должны быть с охлаждением. Мойку автомолцистерн проводить согласно инструкции	Высокая
2.14. Транспортировка молока на пункт первичной обработки	Микробиологическое: загрязнение молока патогенными и спорообразующими бактериями	Своевременная доставка молока на пункт доработки в автомолцистерне (рефрижераторе)	Высокая
2.15. Слив молока из автомолцистерны в емкость с последующей очисткой его через центробежный очиститель	Микробиологическое: загрязнение молока патогенными и спорообразующими бактериями	Мойка емкости для слива согласно инструкции	Высокая
2.16. Охлаждение молока на охладителе	Микробиологическое: загрязнение молока патогенными и спорообразующими бактериями	Охлаждение молока в течение 2 часов после дойки до +4 °С	Высокая
2.17. Хранение	Микробиологическое: загрязнение молока патогенными и спорообразующими бактериями	Измерение температуры откалиброванным цифровым термометром. Промывку емкости для хранения проводить согласно инструкции	Высокая
2.18. Перекачка молока в автомолцистерну для перевозки на перерабатывающее предприятие	Микробиологическое: загрязнение молока патогенными и спорообразующими бактериями. Физическое загрязнение молока посторонними примесями	Автомолцистерны должны быть с охлаждением. Мойка автомолцистерн согласно инструкции	Высокая
2.19. Транспортировка молока на перерабатывающее предприятие	Микробиологическое: загрязнение молока патогенными и спорообразующими бактериями	Своевременная доставка молока на перерабатывающее предприятие в автомолцистерне с охлаждением	Высокая

Физическая опасность в конечном продукте может возникать из нескольких источников, таких как загрязненное сырье, несоответствующие вспомогательные приспособления и оборудования, производственная среда, про-

изводственный персонал при несоблюдении им правил личной гигиены, и практически на каждом этапе производства при несоответствующем проведении процедур обработки.



Литература:

1. Ребезов, М.Б., Богатова О.В., Догарева Н.Г. Альхамова Г.К., Наумова Н.Л., Залилов Р.В., Максимюк Н.Н. Основы технологии молока и молочных продуктов. Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2011. Ч. 1. 123 с.
2. Асенова, Б.К., Ребезов М.Б., Топурия Г.М., Топурия Л.Ю., Смольникова Ф.Х. Контроль качества молока и молочных продуктов. Алматы: Халықаралық жазылым агентігі, 2013. 212 б.
3. Ребезов, М.Б., Мирошникова Е.П., Альхамова Г.К., Наумова Н.Л., Лукин А.А., Залилов Р.В., Зинина О.В. Микробиология молока и молочных продуктов. Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2011. 107 с.
4. Ребезов, М.Б., Мирошникова Е.П., Альхамова Г.К., Наумова Н.Л., Хайруллин М.Ф., Залилов Р.В., Зинина О.В. Методы исследований свойств сырья и молочных продуктов. Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2011. 58 с.
5. Губер, Н.Б., Ребезов М.Б., Топурия Г.М. Инструменты снижения рисков при реализации инновационных проектов в сфере продуктов питания животного происхождения. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2014. Т. 8. №1. с. 156–159.
6. Асенова, Б.К., Амирханов К.Ж., Ребезов М.Б. Технология производства функциональных продуктов питания для экологически неблагоприятных регионов. Торгово-экономические проблемы регионального бизнес-пространства. 2013. №1. с. 313–316.
7. Догарева, Н.Г., Стадникова С.В., Ребезов М.Б. Создание новых видов продуктов из сырья животного происхождения и безотходных технологий их производства. В сборнике: Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: Всероссийской научно-методической конференции (с международным участием). 2013. с. 945–953.
8. Ребезов, М.Б., Максимюк Н.Н., Богатова О.В., Курамшина Н.Г., Вайскрובה Е.С., Интегрированные системы менеджмента качества на предприятиях пищевой промышленности. Магнитогорск: МаГУ, 2009. 357 с.

## Техническая модель реализации 3D-кадастра в России

Кошко Артём Александрович, студент  
Тулский государственный университет

*Исследована техническая модель проекта 3D кадастра и основные положения для учета новых 3D парцелл. Основные положения, описывающие, как в будущем в России 3D парцеллы должны быть представлены для учета.*

**Ключевые слова:** 3D кадастр, 3D парцеллы, объекты недвижимости, кадастровый учет.

В настоящее время система государственного кадастра и регистрации объектов недвижимости основана на двухмерном представлении объектов, включая земельные участки, здания, сооружения. Однако существующий подход не исчерпывает всех ситуаций в реальном трехмерном мире, что при существующем двухмерном подходе вызывает проблемы в постановке на кадастровый учет и регистрации прав для ряда объектов, например [1][3]:

— Сложности регистрации и кадастрового учета многоуровневых комплексов, включающих объекты недвижимости, принадлежащие различным собственникам. К одному земельному участку, зарегистрированному по одному адресу, на различных уровнях по высоте могут относиться объекты недвижимости, принадлежащие (или используемые на других правовых основаниях) различными физическими и юридическими лицами. Отсутствие точных сведений о вертикальном делении может привести к конфликтным ситуациям в определении прав и имущественным спорам.

— Регистрация и отображение в кадастре подземных зданий и сооружений (подземные парковки, станции метрополитена, туннели (метро, автомобильные, железнодорожные) и т.п.), расположенных под объектами недвижимости (земельными участками, зданиями, сооружениями) других собственников.

— Регистрация и кадастровый учет надземных сооружений (переходы, мосты и др.).

— Регистрация и кадастровый учет подземной и надземной инфраструктуры, включая инженерно-технические сети, коммуникации (трубопроводы, кабели и т.п.). При этом объекты могут пересекать множество земельных участков разных собственников. Отсутствие сведений о точном расположении таких объектов вызывает трудности, например, при разделе участков, при определении ограничений и обременений, при установлении платы за пользование. Существующие данные находятся в различных реестрах и базах данных, что затрудняет, затягивает по времени, а чаще всего делает невозможным их получение.



— Для многоквартирных жилых комплексов: фактически регистрируется право на площадь, а не на весь объем помещения. Отсутствует возможность определения прав собственника на внешнее пространство вокруг жилого дома или помещения.

Законодательство Российской Федерации в сфере государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним и государственного кадастрового учета не содержит упоминаний о 3D объектах, в то же время отсутствуют препятствия для кадастрового учета и государственной регистрации 3D парцелл.

Закон о кадастре дает достаточную основу для развития, направленного на введение 3D кадастра. Прежде всего, в российском кадастре ведется учет не только (2D) земельных участков, но и объектов недвижимости, которые будут иметь 3D характеристики.

Технический план, в графической части, содержит информацию о координатах характерных точек контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства, границах геометрической фигуры, образованной внутренними сторонами наружных стен помещения. Хотя по действующему законодательству в техническом плане нет 3D информации как таковой, кроме поэтажных планов, существующий способ учета дает возможность развития в сторону 3D кадастра в дальнейшем [1].

Реализация проекта и апробация прототипа на примере пилотных объектов позволяет осуществить оценку функциональных возможностей, наметить пути дальнейших разработок, определить возможности использования данных 3D кадастра как в целях совершенствования государственной регистрации и кадастра недвижимости, так и для расширения предоставления услуг в электронном виде различным категориям потребителей.

Возрастающая сложность объектов инфраструктуры и плотно застраиваемые площади требуют должной регистрации правового статуса (частноправового и публично-правового). Это может быть обеспечено лишь ограниченно при существующей 2D регистрации. В прошлом десятилетии проводились различные научные мероприятия, посвященные 3D кадастрам. Параллельно в кадастровых организациях многих стран велись разработки с целью обеспечения поддержки 3D.

В 2010–2011 гг. Рабочая группа Международной федерации геодезистов (FIG) по 3D кадастрам провела исследования, касающиеся современного состояния дел в области 3D кадастра по всему миру. В анализе ситуации в России приняли участие российские эксперты-участники проекта.

Понятия «3D кадастр» и «3D парцелла» по-прежнему остаются неоднозначными: что конкретно является (или могло бы быть) 3D парцеллой напрямую зависит от правового и организационного контекста того или иного законодательства. Рабочая группа FIG по 3D кадастрам определяет 3D парцеллу как пространственную единицу, у которой (одно или более) уникальные и гомогенные права (например, право собственности или право поль-

зования), обременения и ограничения связаны со всем объектом, включенным в систему управления недвижимостью. 3D парцелла — это «юридический объект», отображающий часть пространства. Зачастую она связана с реальным миром/физическим объектом, который также может быть представлен в виде 3D [2].

Существуют различные решения проблемы регистрации прав с использованием 3D характеристик. Наблюдения показывают, что, в общем, ведется регистрация жилых помещений с включением чертежей в регистрационные документы. Однако реального 3D учета в кадастре пока нет нигде. Испания приблизилась к данной цели, хотя основой визуализации является стандартная высота поэтажного слоя.

Вкратце, слабыми местами решений разных стран являются следующие:

— Для получения представления о 3D объектах недвижимости все еще необходимы документы земельной регистрации (государственные реестры, поземельные книги).

— Нет возможности интерактивного просмотра 3D парцелл.

— Отсутствует возможность 3D просмотра, просмотр возможен только через участок

— 3D парцеллы не могут быть признаны действительными (невозможно придать им юридическую силу).

— Не могут применяться 3D функции.

Более детальный сравнительный анализ ситуации в России, Нидерландах и других странах по различным аспектам, определяющим возможности реализации 3D кадастра, представлен в анкете Международной федерации геодезистов, подготовленной рабочей группой «3D кадастры 2010–2014» и российскими экспертами-участниками проекта [2].

Техническая модель будет играть важную роль в проекте основных положений для учета новых 3D парцелл. Очень важно разработать основные положения (возможно, в законодательстве о кадастре), описывающие, как в будущем в России 3D парцеллы должны быть представлены для учета. Эти основные положения опираются на опыт других стран; особенно хочется отметить «Инструкцию по подготовке планов» австралийского штата Квинсленд («Directions for the Preparation of Plans») [4].

С учетом этого примера и после анализа системы кадастрового учета регистрации прав в Российской Федерации определены следующие руководящие принципы для кадастрового учета новых 3D парцелл (кадастровых объектов) [2]:

— Для 3D участка требуются два представления: (1) PDF (содержит визуализацию) и (2) LADM/CityGML (содержит 3D данные для дальнейшего использования в процессе кадастрового учета недвижимости).

— 3D парцелла имеет (временный) ID.

— Для 3D кадастровых объектов представление помещений в здании включает этаж (уровень).

— Для (нормальных) парцелл 3D полиэдр является достаточным описанием (поэтому только плоские границы).

— Для 3D линейных парцелл (включая газопровод) могла бы быть следующая дополнительная опция: прилагаемые диаметр или высота и ширина (мульти) полилинии.

— Новая 3D парцелла, которая пересекает несколько земельных участков (например, трубопровод), требует переноса прав собственности (или других прав) на сложные 3D пространства с существующих участков на единую новую 3D парцеллу.

— 3D парцелла должна быть связанным пространственным объектом (поэтому несвязанные части не допускаются).

— Для привязки требуются следующие топографические объекты: 3D здания (комнаты), дороги, трубопроводы и кабельные линии, соответствующая поверхность с высотой.

— Точность определения координат характерных точек границ для 3D объекта равна точности для 2D объекта (15 см). Следует отметить, что значение точности зависит от категории земель (и 15 см является значением для земель населенных пунктов).

— Плановая и вертикальная привязка: стандарт, используемый в Нижегородской области.

— Высотная координата (z): требуется абсолютная (вертикальная) привязка, а относительная (по сравнению с поверхностью Земли) не является обязательной.

— Кривые поверхности представляются несколькими плоскими гранями (эта модель будет оставаться относительно хорошо реализуемой).

— Для негоризонтальных или невертикальных граней рекомендуется использовать только треугольники.

#### Литература:

1. Распоряжение Правительства РФ от 01.12.2012 №2236-р «Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») «Повышение качества государственных услуг в сфере государственного кадастрового учета недвижимого имущества и государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним»» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.consultant.ru>
2. Отчет итоговый по российско-нидерландскому проекту «Создание модели трехмерного кадастра недвижимости в России» [Электронный ресурс]/Портал услуг Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии. — М., 2012 г. — Режим доступа: [http://rosreestr.ru/wps/portal/cc\\_news?news\\_id=16202](http://rosreestr.ru/wps/portal/cc_news?news_id=16202)
3. Стенограмма интернет-интервью от 11.03.2013 г. с Н. Н. Антипиной, руководителем Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии: «Оптимизация процедуры регистрации собственности: новые возможности и перспективы развития государственных услуг» [Электронный ресурс]/Официальный сайт компании «КонсультантПлюс». — М., 2013. — Режим доступа: <http://www.consultant.ru/law/interview/antipina/> (дата обращения: 20.08.2013 г.).
4. «Directions for the Preparation of Plans». Queensland Government, Department of Natural Resources and Mines [Электронный ресурс]/<http://www.dnrm.qld.gov.au/land/titles-valuations/titles-professionals/survey-plan-requirements/directions-plan-preparation>

## Архитектура прототипа и формата данных 3D-кадастра в России

Кошко Артём Александрович, студент  
Тульский государственный университет

*Исследована техническая модель проекта 3D кадастра и основные положения для учета новых 3D парцелл. Описана экспериментальная модель формата данных, необходимая для регистрации моделей объектов недвижимости в 3D кадастре.*

**Ключевые слова:** 3D кадастр, формат данных, объекты недвижимости, архитектура прототипа 3D кадастра.

В настоящее время система государственного кадастра и регистрации объектов недвижимости основана на двухмерном представлении объектов, включая земельные участки, здания, сооружения. Однако существующий подход не исчерпывает всех ситуаций в реальном трехмерном мире, что при существующем двухмерном подходе вызывает проблемы в постановке на кадастровый учет и регистрации прав для ряда объектов, например [1][2]:

— Сложности регистрации и кадастрового учета многоуровневых комплексов, включающих объекты недвижимости, принадлежащие различным собственникам. К одному земельному участку, зарегистрированному по одному адресу, на различных уровнях по высоте могут относиться объекты недвижимости, принадлежащие (или используемые на других правовых основаниях) различными физическими и юридическими лицами. Отсут-

ствие точных сведений о вертикальном делении может привести к конфликтным ситуациям в определении прав и имущественным спорам.

— Регистрация и отображение в кадастре подземных зданий и сооружений (подземные парковки, станции метрополитена, туннели (метро, автомобильные, железнодорожные) и т.п.), расположенных под объектами недвижимости (земельными участками, зданиями, сооружениями) других собственников.

— Регистрация и кадастровый учет надземных сооружений (переходы, мосты и др.).

— Регистрация и кадастровый учет подземной и надземной инфраструктуры, включая инженерно-технические сети, коммуникации (трубопроводы, кабели и т.п.). При этом объекты могут пересекать множество земельных участков разных собственников. Отсутствие сведений о точном расположении таких объектов вызывает трудности, например, при разделе участков, при определении ограничений и обременений, при установлении платы за пользование. Существующие данные находятся в различных реестрах и базах данных, что затрудняет, затягивает по времени, а чаще всего делает невозможным их получение.

— Для многоквартирных жилых комплексов: фактически регистрируется право на площадь, а не на весь объем помещения. Отсутствует возможность определения прав собственника на внешнее пространство вокруг жилого дома или помещения.

Реализация проекта и апробация прототипа на примере пилотных объектов позволяет осуществить оценку функциональных возможностей, наметить пути дальнейших разработок, определить возможности использования данных 3D кадастра как в целях совершенствования государственной регистрации и кадастра недвижимости, так

и для расширения предоставления услуг в электронном виде различным категориям потребителей.

Возрастающая сложность объектов инфраструктуры и плотно застраиваемые площади требуют должной регистрации правового статуса (частноправового и публично-правового). Это может быть обеспечено лишь ограниченно при существующей 2D регистрации. В прошлом десятилетии проводились различные научные мероприятия, посвященные 3D кадастрам. Параллельно в кадастровых организациях многих стран велись разработки с целью обеспечения поддержки 3D.

В ходе обсуждения вопросов реализации проекта были намечены три основных решения для общей архитектуры прототипа [3]:

- 1) существующий 2D портал, связанный с новым 3D-просмотрщиком;
- 2) новый 2D портал, связанный с новым 3D-просмотрщиком;
- 3) новый 3D портал.

Для прототипа было выбрано первое решение, потому что оно было наиболее быстро реализуемым. Причиной для этого стало то, что не понадобилось разрабатывать функционал, который уже поддерживается существующим 2D кадастровым веб-порталом. Сначала 3D-просмотрщик будет работать независимо от существующего 2D кадастрового веб-портала.

Соединить существующий 2D кадастровый портал с 3D просмотрщиком можно следующим образом [3]:

- 1) Для существующего 2D кадастрового портала создается «пилотная среда», таким образом, что ее можно модифицировать. Только данные по пилотному региону будут входить в пилотную среду.
- 2) В каждой точке, где доступна 3D информация, на 2D кадастровую карту пилотной среды добавляется значок.

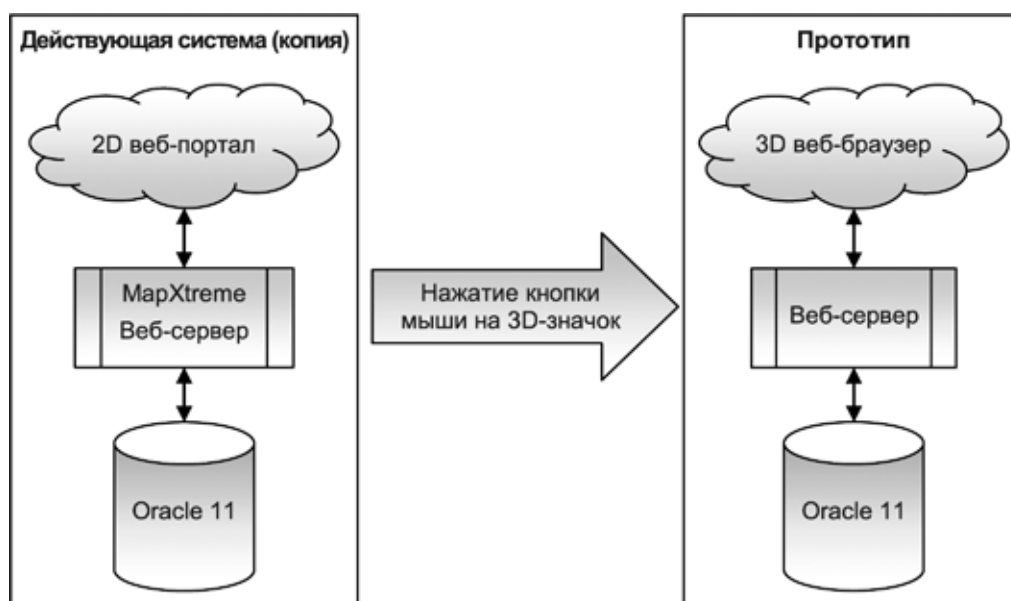


Рис. 1. Решение для общей архитектуры прототипа 3D кадастра

3) Символам присвоены атрибуты, содержащие URL ссылку на 3D-просмотрщик. Для отображения необходимого объекта URL ссылка должна содержать некий идентификатор или X, Y координаты.

Компоненты веб-сервера должны быть установлены на сервере с привязкой к базе (базам) данных и безопасному соединению с глобальной сетью Интернет. Новая или уже существующая база данных может быть использована для хранения данных прототипа. Не следует делать так, чтобы данные 2D пилотной среды и 3D-просмотрщика хранились в одной базе данных. Данные будут храниться в разных схемах баз данных. Схема базы данных для 3D-просмотрщика должна создаваться путем запуска скриптов базы данных. И данные для 3D-просмотрщика должны быть импортированы в данную схему [3].

Для демонстрационной версии X3D-файлы должны храниться в сети и быть доступны для веб-сервера.

Для того чтобы запустить пилотную среду 2D кадастрового портала в своем браузере, пользователю прототипа необходимо иметь URL ссылку. Для демонстрационной версии необходим URL напрямую к 3D просмотрщику. При первом использовании 3D просмотрщика необходимо одобрить установку Java апплета.

К основным результатам проекта «Создание модели трехмерного кадастра недвижимости в России» следует отнести следующие [3]:

- 1) проведен анализ международного опыта в создании 3D кадастра и сравнительный анализ с ситуацией в России;
- 2) проведен анализ нормативно-правовой базы и организации получения, хранения и предоставления информации для целей 3D кадастра в России;
- 3) разработана модель 3D кадастра для получения, хранения и предоставления информации для условий Рос-

сийской Федерации, согласующаяся с существующей нормативно-правовой и технической базой;

- 4) разработан прототип 3D кадастра с порталом доступа;
- 5) отработана технология подготовки данных для обеспечения 3D кадастра на примере пилотных объектов;
- 6) проведена апробация (испытания) прототипа с участием экспертов системы Росреестра и кадастровых инженеров на примере пилотных объектов Нижегородской области;
- 7) разработана программа обучения и проведен учебный семинар для специалистов системы Росреестра;
- 8) в целях управления долгосрочным развитием трехмерного кадастра в России разработаны рекомендации по правовым, организационным и техническим аспектам.

Результаты проекта отражены в подготовленных в ходе реализации отчетах (рабочих продуктах) [3]:

1. Отчет о начале проекта.
2. Нормативно-правовая база и организация 3D кадастра: Отчет о работе по первому блоку.
3. Модель 3D кадастра для создания, хранения и распространения данных: Отчет о работе по второму блоку.
4. Требования и выбор платформы для прототипа модели 3D кадастра в России: Отчет о работе по третьему блоку
5. Предложения по совершенствованию российской нормативно-правовой базы и организации для ведения трехмерного кадастра: Отчет о работе по четвертому блоку

Анализ показал, что текущая структура сведений в АИС ГКН отражает в себе объекты и связи, предусмотренные стандартом LADM, и для поддержки 3D кадастра потребуются только доработки в отношении описания и хранения пространственного объекта.

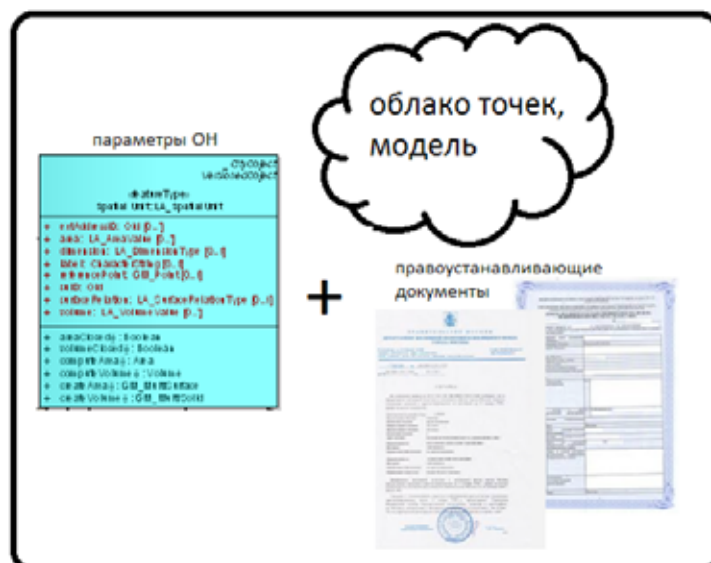


Рис. 2. Концептуальная модель формата данных

Решением вопроса в отношении описания и хранения пространственного объекта может служить определение уникального формата данных (\*.gkn), объединяющего в себе основные характеристики объекта недвижимости, сведения о зарегистрированных правах, пространственное расположение объекта, его положение относительно смежных объектов, а так же трехмерную модель объекта недвижимости. Каждому реальному объекту будет сопоставлена его электронная копия, описывающая параметры и свойства реального объекта недвижимости.

Данный подход позволяет решить следующие задачи:

- Определение иерархии объектов недвижимости от самого крупного (РФ), до самого маленького;
- Адаптация большого количества данных об объектах недвижимости к общественному использованию;
- Четкое определение отношений между смежными объектами недвижимости (смежное расположение

в одном здании, смежные границы, раздел земельных участков и т.д.);

- Компактное структурирование хранения данных об объектах недвижимости;
- Инкапсуляция объектов недвижимости, их параметров и свойств;
- Достижение уровня абстракции, достаточного для управления данными об объектах недвижимости, а так же непосредственно объектами недвижимости;
- Возможность наблюдать наследование свойств и параметров между объектами недвижимости;
- Определение стандарта описания объекта недвижимости для внесения его в трехмерный кадастр;
- Закрепление связи между реальным объектом недвижимости и его моделью;
- Достижение оптимального уровня безопасности и сохранности данных;

Литература:

1. Распоряжение Правительства РФ от 01.12.2012 № 2236-р «Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») «Повышение качества государственных услуг в сфере государственного кадастрового учета недвижимого имущества и государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним»» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.consultant.ru>
2. Стенограмма интернет-интервью от 11.03.2013 г. с Н. Н. Антипиной, руководителем Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии: «Оптимизация процедуры регистрации собственности: новые возможности и перспективы развития государственных услуг» [Электронный ресурс]/Официальный сайт компании «КонсультантПлюс». — М., 2013. — Режим доступа: <http://www.consultant.ru/law/interview/antipina/> (дата обращения: 20.08.2013 г.).
3. Отчет итоговый по российско-нидерландскому проекту «Создание модели трехмерного кадастра недвижимости в России» [Электронный ресурс]/Портал услуг Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии. — М., 2012 г. — Режим доступа: [http://rosreestr.ru/wps/portal/cc\\_news?news\\_id=16202](http://rosreestr.ru/wps/portal/cc_news?news_id=16202)

## Перспективы развития адаптации AutoCAD с помощью Clojure

Кошко Артем Александрович, студент  
Тульский государственный университет

*Рассмотрены современные способы автоматизации камеральных изыскательских работ на примере адаптации САПР AutoCAD с помощью функционального языка программирования Clojure.*

**Ключевые слова:** камеральные изыскательские работы, AutoCAD, AutoLISP, Clojure

Автоматизированное проектирование сопровождается большим объемом информации и расчетов. Современные автоматизированные программы не только значительно облегчают обработку информации и проведение расчетов, но и позволяют увеличить производительность труда проектировщиков, увеличить точность проводимых расчетов.

Автоматизация камеральных изыскательских работ в разных организациях происходит по разному: различаются программные продукты, степень автоматизации расчетов, построений, оформления отчетов, методики проведения работ. Некоторые организации используют

стандартные функции и команды в прикладных программах и САПР. Другие же напротив, устанавливают дополнения, разработанные сторонними организациями или собственными специалистами внутри предприятия, что позволяет повысить скорость и качество выполнения изысканий. Для разработки дополнений используются различные языки программирования: C++, Lisp, Python, Visual Basic, JavaScript, .Net, DIESEL.

К наработкам, которые могут стать источником дополнения AutoCAD до новой специализированной системы с чертежно-графической основой, относятся [1, с. 51]:



1. Шаблоны чертежей (например, форматы со своими штампами);

2. DWG-файлы с графическими элементами схем, планов;

3. Файлы с пользовательскими штриховками, формами, шрифтами, типами линий;

4. Файлы сценариев;

5. Файлы справочной системы;

6. Меню с названиями пунктов, адаптированными для работы специалистов конкретных направлений;

7. Программы, написанные на языках AutoLISP, Visual Basic, C++, DIESEL и исполняемые в среде AutoCAD.

8. Программы, написанные на любых языках и оформленные как внешние приложения, которые не требуют среды AutoCAD, но исполняются параллельно с сеансом AutoCAD (например, готовят файлы с какими-то данными).

Адаптации или замене могут быть подвергнуты некоторые файлы поддержки программного обеспечения системы AutoCAD (acad. lin, acadiso. lin, acadoc. lsp, acad. pgr и другие) [1, с. 499].

Отдельно можно выделить способ адаптации и расширения среды AutoCAD с помощью Visual LISP. Иногда под названием Visual LISP подразумевают язык AutoLISP, дополненный расширениями ActiveX, но их нужно различать: Visual LISP является средой разработки, а не языком программирования. Язык программирования AutoLISP — это вариант языка LISP, в который добавлены функции доступа к объектам, таблицам и словарям системы AutoCAD.

Основой языка LISP является работа со списками, которые могут иметь произвольную длину и включать элементы разной природы (числа, текстовые строки, указатели файлов и т.д.). В то же время в языке доступны обычные арифметические и логические операции, работа с файлами и другие, свойственные развитым языкам программирования, возможности. Программы или выражения, написанные на языке AutoLISP, можно водить в командную строку, система AutoCAD вычисляет автоматически. Это возможно потому, что для разбора выражений и чтения программного кода прямо из консоли в систему AutoCAD встроен интерпретатор AutoLISP. Расширения ActiveX значительно увеличивают функциональность AutoLISP, добавляют возможности работы с файлами, реестром, а также связи с другими приложениями. Дополнительные расширения работают напрямую с объектной моделью AutoCAD посредством функций ActiveX. Впервые технология ActiveX была внедрена в AutoCAD R14 [1, с. 53–54].

Clojure (произносится как *closure*) — современный диалект Лиспа, язык программирования общего назначения с поддержкой разработки в интерактивном режиме, поощряющий функциональное программирование и упрощающий поддержку многопоточности. Clojure работает на платформах JVM и CLR. [2]

Clojure является функциональным языком программирования с поддержкой функций в качестве объектов первого класса (*first class objects*) и неизменяемыми (за исключением специальных случаев) данными, включая поддержку «ленивых» коллекций данных. За счет того, что Clojure был спроектирован для работы на базе JVM, обеспечивается доступ к большому набору библиотек, существующих для данной платформы. Взаимодействие с Java реализуется в обе стороны — как вызов кода, написанного на Java, так и реализация классов, которые доступны как для вызова из Java, так и из других языков, существующих для JVM, например, Scala.

Clojure «унаследовал» от Lisp макросы, мультиметоды и интерактивный стиль разработки, а JVM дает переносимость и доступ к большому набору библиотек, созданных для этой платформы. [2]

Неизменность структур данных позволяет использовать их в разных потоках выполнения программы, что упрощает многопоточное программирование.

Несмотря на схожесть синтаксиса, Clojure отличается Common Lisp. Некоторые отличия обусловлены тем, что язык разработан для платформы JVM, что накладывает некоторые ограничения на реализацию. Также важными определяющими факторами JVM-платформы являются [3]:

- boxed integers — нет поддержки полного набора типов чисел (*numeric tower*), которые есть в Scheme и Common Lisp;

- система исключений как в Java (в Common Lisp используется сигнальный протокол);

- используется соглашение о вызовах как в Java.

Из явных отличий от Common Lisp можно отметить следующие [4]:

- идентификаторы в Clojure регистрозависимы (*case-sensitive*);

- большая часть данных — неизменяемая;

- пользователь не может изменять синтаксис языка путем ввода собственных макросов в процедуре чтения кода (*read macros*);

- введен специальный синтаксис для литералов, векторов, отображений (*maps*), регулярных выражений, анонимных функций и т.д.;

- существует возможность связывания метаданных с переменными и функциями;

- можно реализовать функции с одним именем и разным набором аргументов;

- многие привычные вещи, такие как *let*, по синтаксису отличаются от их аналогов в Common Lisp и Scheme (при этом используется меньше скобок), например, *let* связывает данные последовательно, аналогично *let\** в Scheme;

- вместо функций *car* и *cdr* используются функции *first* и *rest*;

- *nil* не равен пустому списку или другому набору данных (коллекции) — он всего лишь означает отсутствующее значение (аналог *null* в Java);



— используется общее пространство имен, как в Scheme;

— сравнение на равенство производится одной функцией в отличие от Common Lisp и Scheme;

— поддержка «ленивых» коллекций.

Платформа Java обладает целым рядом неоспоримых преимуществ. Основными ее достоинствами являются высокая производительность JVM и богатейший набор функций, поставляемых как в основных API, так и в виде библиотек, созданных независимыми разработчиками на Java. Таким образом, Java предоставляет вам возможность использовать готовые функции: вызвать Java-методы, создавать Java-объекты, использовать Java-интерфейсы и расширения Java-классов.

Clojure реализует двухстороннее взаимодействие с библиотеками, работающими на базе JVM — код на Clojure может использовать существующие библиотеки и вызываться из других библиотек, реализовывать классы и т. п. Отдельно стоит отметить поддержку работы с массивами объектов Java — поскольку они не являются коллекциями, то Clojure имеет отдельные операции для работы с массивами: создание, работа с индивидуальными элементами, конвертация из коллекций в массивы и т. д.

Код, написанный на Clojure, может без особых проблем использовать библиотеки, написанные для JVM. По умолчанию в текущее пространство имен импортируются классы из пакета `java.lang`, что дает доступ к основным типам данных и их методам. А остальные пакеты и классы должны импортироваться явно.

Эффективное использование языка невозможно без наличия инфраструктуры для работы с ним — редакторов кода, средств сборки, библиотек и т. п. вещей. Для Clojure имеется достаточное количество таких средств — как адаптированных утилит (Maven, Eclipse, Netbeans и т. п.), так и разработанных специально для этого языка — например, системы сборки кода Leiningen. Отладку приложений, написанных на Clojure, поддерживают почти все среды разработки, перечисленные ниже, а для профилирования можно использовать существующие средства для Java. [3]

Число библиотек для Clojure постоянно увеличивается. Некоторые из них — лишь обертки для библиотек написанных на Java, а некоторые — специально разработанные для Clojure. Вместе с Clojure часто используют

набор библиотек *clojure-contrib*, который содержит различные полезные библиотеки, не вошедшие в состав стандартной библиотеки языка: функции для работы со строками и потоками ввода/вывода, дополнительные функции для работы с коллекциями, монады и т. д. Среди других библиотек можно отметить *Compojure* — для создания веб-сервисов; *ClojureQL* — для работы с базами данных; *Incanter* — для статистической обработки данных; *scrape*, *cascading-clojure* и *clojure-hadoop* — для распределенной обработки данных. Это лишь малая часть существующих библиотек, многие из которых перечислены на сайте языка.

В настоящее время для работы с Clojure разработано достаточно много средств — поддержка Clojure имеется в следующих редакторах и IDE: Emacs, Vim, Eclipse, Netbeans, IntelliJ IDEA.

Для пользователей, использующих Windows, можно воспользоваться Clojure Box — пакетом, в котором поставляется уже настроенный Emacs, SLIME, Clojure и библиотека *clojure-contrib*. Использование этого пакета позволяет упростить процесс освоения языка.

Разработан ClojureCLR, который позволяет безболезненно внедрять его в общезыковую инфраструктуру компании Microsoft, в том числе и в AutoCAD. Программа для .NET Framework, написанная на любом поддерживаемом языке программирования, сначала переводится компилятором в единый для .NET промежуточный байт-код Common Intermediate Language (CIL), затем исполняется виртуальной машиной Common Language Runtime (CLR), либо транслируется специальной утилитой. Использование виртуальной машины предпочтительно, так как избавляет разработчиков от необходимости заботиться об особенностях аппаратной части. [4]

Современная технология динамической компиляции позволяет достигнуть высокого уровня быстродействия. Виртуальная машина CLR также сама заботится о базовой безопасности, управлении памятью и системе исключений, избавляя разработчика от части работы.

Использование Clojure для адаптации AutoCAD позволяет упростить написание программного кода, улучшить его качество и читаемость, позволяет использовать новейшие способы разработки программного обеспечения и использовать Java-библиотеки для создания интерфейса расширений AutoCAD.

#### Литература:

1. Полещук, Н. Н. Visual LISP и секреты адаптации AutoCAD. — СПб.: БХВ-Петербург, 2001.—576 с: ил.
2. [Электронный ресурс]: Clojure. Материал из Википедии — свободной энциклопедии — Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Clojure>
3. [Электронный ресурс]: Практика функционального программирования — Режим доступа: <http://iprogram.ru/2010/issue4/alex-ott-clojure/>
4. [Электронный ресурс]: Clojure. Официальный сайт проекта — свободной энциклопедии — Режим доступа: <http://clojure.org/>

## Физиологический уровень стресса растений в иерархической структуре дерева нечеткого логического вывода

Леви Леонид Исаакович, доктор технических наук, профессор;  
Тащилина Анастасия Витальевна, ассистент  
Луганский национальный аграрный университет (Украина)

*Проведена формализация начальной информации и построена ветвь иерархической структуры модели определения параметров режимов капельного орошения на физиологическом уровне, определяющем водный стресс растения. Фазифицированы входные переменные и построена нечеткая база знаний, определяющая уровень водного стресса растений.*

### I. Вступление

Расчет поливного режима капельного орошения растений зависит от совокупности физиологических, почвенных, климатических и других факторов, связанных сложной функциональной зависимостью, что по природе физических явлений представляется в виде суперпозиции функций. При современном развитии инструментария круглосуточного неразрушающего контроля растений, интеллектуальных и информационных технологий возникает возможность сочетания этих направлений с целью формализации таких сложных зависимостей с помощью нечеткого моделирования системой вложенных друг в друга нечетких баз знаний. Структура такой системы представляется в виде иерархического дерева нечеткого логического вывода, узлами которого являются укрупненные параметры режимов капельного орошения [3, с. 48]. Среди таких укрупненных параметров следует выделить почвенный уровень, определяющий предполивной порог обеспеченности растения почвенной влагой, физиологический уровень, на котором само растение сигнализирует о наличии водного стресса и климатический уровень, который влияет как на физиологическое состояние растения, так и на выбор поливного режима.

### II. Основная часть

С развитием средств фитомониторинга растений и приборов для измерения характеристик жизнедеятельности растений и их окружающей среды возникла необходимость в комплексной обработке этих данных с целью определения уровня водного стресса выращиваемых растений. Постоянный мониторинг характеристик растения и среды осуществляется по показаниям приборов, устанавливаемых в посевах на весь вегетационный период или на значительную его часть. С этой целью используются фитомонитор РМ-11 или монитор фотосинтеза РТМ-48А, к электронным блокам которых подключаются датчики, и которые хранят и передают накопленные данные в компьютер фермера. При этом показания сенсоров могут передаваться через кабель, или через интернет, в зависимости от условий и желания фермера. Набор сенсоров определяется в зависимости от особен-

ностей каждой культуры и оборудования, которое есть в распоряжении фермера, и может состоять из датчиков диаметра стебля, интенсивности движения сока, роста плода, температуры листьев, росы и базовых датчиков среды: освещенности, температуры и влажности воздуха, влажности почвы. Все величины, которые регистрируются, выводятся на экран компьютера в табличном и графическом виде. Анализ полученной информации позволяет, используя программы PhytoGraph и программы управления РТМ-48А series 5000 Photosynthesis Monitor v. 1.0.2.11 и Photosynthesis Monitor v. 1.0.2.8, по специальным методикам выбирать оптимальные режимы капельного орошения. Однако все это оборудование требует определенной подготовки и внимания со стороны лиц, принимающих решение относительно режимов орошения. Ограниченность количества экспертов по фитомониторингу и невозможность их непрерывного привлечения для принятия решений относительно сроков и норм поливов с ростом спроса на такие системы приводит к необходимости разработки информационных технологий и на их базе систем поддержки принятия решений или систем управления при определении оптимальных поливных режимов сельскохозяйственных культур.

Наличие нечетко заданной количественной и качественной информации и невозможность построения сложной функциональной зависимости «режим орошения — физиологические показатели и показатели окружающей среды» классическими математическими методами вынуждает к использованию таких интеллектуальных методов моделирования, как Soft Computing. Одним из весомых направлений мягких вычислений на этапе структурной идентификации модели является моделирование нечеткими базами знаний. Они дают возможность, отображая опыт эксперта, аппроксимировать причинно-следственные связи между данными, полученными с сенсоров фитомониторов, и оптимальным поливным режимом.

Функциональная зависимость, определяющая поливные режимы в зависимости от вектора показателей состояния растений и орошаемого массива, является сложной функцией таких аргументов как:

— физиологический уровень водного стресса растений ( $Ws$ );

- почвенный уровень влагообеспеченности ( $Sm$ );
- климатический уровень благоприятности роста сельскохозяйственных культур ( $A$ );
- фаза вегетации, способ выращивания, время суток и т.д. То есть, представлена соотношением

$$Y = f_y(Ws, Sm, A, \dots, x_i, \dots, x_n), \quad (1)$$

Физиологический уровень водного стресса растений зависит в свою очередь от таких измеряемых показателей, как приращение диаметра стебля, приращение диаметра плода, интенсивность движения сока, температура листа, приращение высоты ствола, интенсивность транспирации, интенсивность  $CO_2$ -обмена листьев растений, время суток и т.д. Но наиболее удобными для исследования и анализа предложены показатели приращения диаметра стебля, приращения диаметра плода, интенсивности движения сока и температуры листа [2, с. 260]. Таким образом, физиологический уровень водного стресса растений  $Ws$  можно представить как функцию пяти переменных:

$$Ws = f_{ws}(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5), \quad (2)$$

где  $x_1$  — приращение диаметра стебля,  $x_2$  — приращение диаметра плода,  $x_3$  — температура листа,  $x_4$  — интенсивность движения сока,  $x_5$  — время суток.

Фрагмент дерева нечеткого логического вывода, который отвечает соотношению (2), представлен на рис 2.

Методы нечеткого моделирования предусматривают вначале этапа фаззификации входных переменных проведение формализации физиологических параметров состояния растения лингвистическими переменными. Лингвистический характер переменных  $x_1 - x_5$  представлен в табл. 1

Каждый из лингвистических термов входных переменных  $x_1 - x_5$  представляется в виде нечеткого множества с помощью функций принадлежности  $\mu_j(x_i)$  входа  $x_i \in [x_i; \bar{x}_i]$  нечеткому терму  $\tilde{a}_{ij}$ , т. е.

$$\tilde{a}_{ij} = \int_{x_i \in [x_i; \bar{x}_i]} \mu_j(x_i) / x_i.$$

Следующим этапом нечеткого моделирования после фаззификации входных переменных является построение нечеткой базы знаний. Нечеткая база знаний, определяющая физиологический уровень водного стресса растений, гранулируя информацию, отображает опыт экспертов и представляется как совокупность правил типа:

- ЕСЛИ время суток — утро
- И приращение диаметра стебля — небольшое отрицательное
- И приращение диаметра плода — отсутствует
- И температура листа — выше средней
- И интенсивность движения сока — ниже средней
- ИЛИ
- ЕСЛИ время суток — день
- И приращение диаметра стебля — отрицательное
- И приращение диаметра плода — отсутствует
- И температура листа — любая
- И интенсивность движения сока — низкая
- ТО физиологическое состояние растения — наличие водного стресса.

### III. Вывод

В условиях развития информационных технологий и средств мониторинга растений и окружающей среды оро-

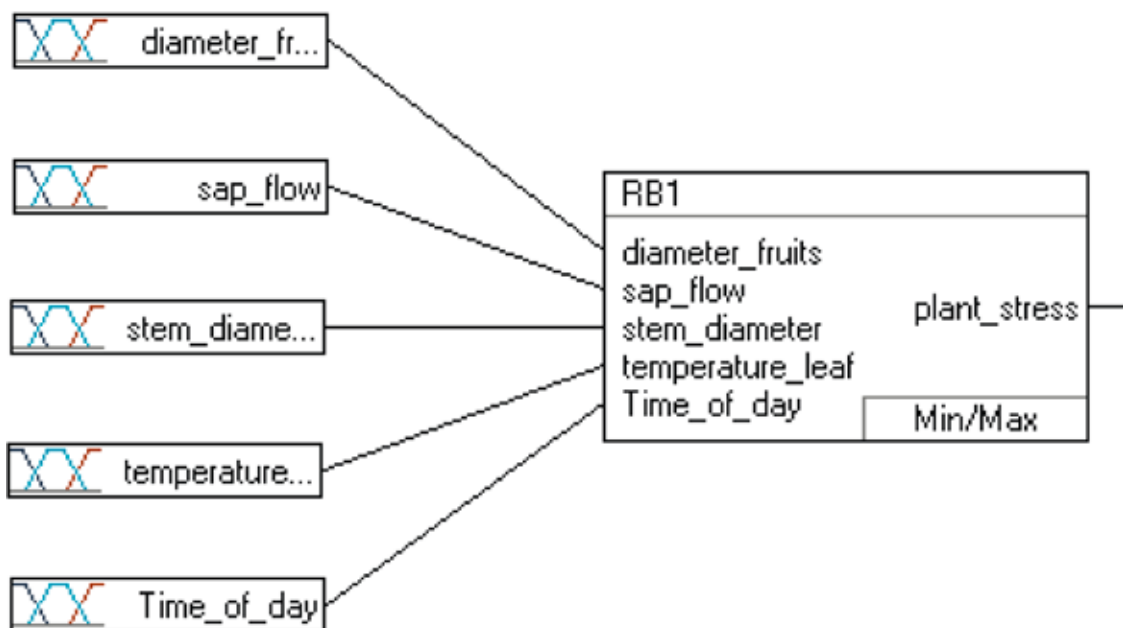


Рис. 2 Фрагмент дерева нечеткого логического вывода

Таблица 1. Лингвистический характер параметров физиологического состояния растения

Параметр физиологического состояния	Универсальное множество	Лингвистические термы
$x_1$ — приращение диаметра стебля	$[-5; 5]$ , мм	отрицательное, небольшое отрицательное, отсутствует, небольшое положительное, положительное
$x_2$ — приращение диаметра плода	$[-10; 10]$ , мм;	отрицательное, небольшое отрицательное, отсутствует, небольшое положительное, положительное
$x_3$ — температура листа	$[0; 50]$ , °C	низкая, ниже средней, средняя, выше средней, высокая
$x_4$ — интенсивность движения сока	$[0; 12]$ , мл/час	низкая, ниже средней, средняя, выше средней, высокая
$x_5$ — время суток	$[0; 24]$ , час	утро, день, под вечер, вечер, ночь

шаемой культуры возникает необходимость разработки математических моделей оперативного планирования режимов орошения, которые в современном состоянии развития интеллектуальных технологий представляют собой ядро систем поддержки принятия решений, экспертных систем и систем управления. Современные направления фитомониторинга растений позволяют безошибочно в консорциуме с классическими методами определения режимов

капельного орошения рассчитывать сроки и нормы полива сельскохозяйственных культур. Поэтому построение участка дерева логического вывода и по нему нечеткой базы знаний, которая отвечает определению физиологического уровня водного стресса растения, позволит сформировать полную структуру иерархической модели системы нечеткого логического вывода для оперативного планирования оптимальных режимов капельного орошения.

Литература:

1. Yuri Ton. User's Reference Guide/Yuri Ton, Michael Kopyt. — Phytonitoring Technique for Greenhouses: PhyTech Ltd, 1998. — 34p.
2. Ton, Y. Phytomonitoring: a new information technology for improving crop production/Ton Y., Nilov N., Kopyt M. — Acta Horticulturae, 2001. — 6p.
3. Штовба, С. Д. Проектирование нечетких систем средствами Matlab/Штовба С. Д. — М.: Горячая линия — Телеком, 2007. — 288 с.
4. Леоненков, А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH/Леоненков А. В. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 736 с.

### Перспективы использования технологий 3D печати

Лысыч Михаил Николаевич, кандидат технических наук, старший преподаватель;

Шабанов Михаил Леонидович, кандидат технических наук, доцент

Воронежская государственная лесотехническая академия

Скрыпников Александр Евгеньевич, студент

Воронежский техникум строительных технологий

С момента появления первых компьютеров человек стремился переступить грань между реальностью и реальностью виртуальной. С легкостью переносить объект из трехмерной плоскости в нашу с вами трехмерную реальность — до недавнего времени оставалось несбыточной мечтой инженеров, врачей и даже историков. Именно таким технологиям и будет посвящена эта статья.

Типовые различия принтеров разных классов точности.

Потребительский — тип принтеров, который предназначен для личного использования. Спроектированы с оглядкой на обычного пользователя и оборудованы довольно простым и понятным интерфейсом. Печатают, как правило, ABS и PLA пластиком.

Персональный — пограничный класс принтеров, который является домашним, но в то же время относится к нижней ступени промышленных принтеров для бизнеса. Эти девайсы имеют много общего с братьями из потребительского класса, но обладают более высоким качеством и точностью печати, которые присущи профессиональным 3D принт-системам.

Профессиональный — системы этого класса уже не выглядят компактными. Это основа технологии 3D печати, которая включает в себя все достижения и возможности доступные индустрии. Предназначение профессиональных систем может быть очень разным, от прототипирования до полномасштабного производства.

Производственный — название класса говорит само за себя. Эти машины являются совокупностью точности и качества профессиональных принтеров, большой площадью печати, высокого уровня автоматизации и контроля процессов. На них, как и на профессиональных установках, можно печатать не только прототипы, но и конечный потребительский продукт [1].

Не секрет, что 3D-принтер уже стал незаменимым помощником для профессионалов разных отраслей. На данный момент наиболее востребованными системы 3D печати являются в направлениях: архитектуры, дизайн упаковки, литьё, сувенирная продукция, мелкосерийное производство, медицина, функциональное тестирование, ювелирные украшения, стоматология и т. д.

Начнем с вопроса, зачем это нужно? Зачем нужно брать трехмерную модель чего-то и делать из нее реальный предмет? Оказывается, применений хватает.

Первое, и самое основное — быстрое изготовление прототипов, чтобы посмотреть, как модель будет выглядеть в материале. По словам представителя авиакосмической компании Pratt & Whitney «стоимость разработки сложного продукта может очень сильно снизиться, если предложить инженерами вместо десятков чертежей посмотреть на реальную деталь».

Кроме того, на готовой модели можно проводить различные тесты еще до того, как будет готов окончательный вариант изделия. Более того, прототипы позволяют проводить такие тесты, которые на готовом изделии и не проведешь. Например, Porsche использовала прозрачную пластиковую модель трансмиссии 911 GTI для изучения тока масла в процессе ее разработки.

Однако, прототипы это еще не все. Следующая ступень — быстрое производство. Уже сейчас некоторые технологии печати позволяют изготавливать готовые предметы из различных материалов. Это идеальное решение для мало серийного производства, поскольку стандартный техпроцесс дает возможность сделать что угодно (в разумных пределах, конечно) за относительно небольшое время.

3D печать ведёт свою историю с 1948 года, когда американец Чарльз Халл разработал технологию послойного выращивания физических трёхмерных объектов из фотополимеризующейся композиции (ФПК).

Технология получила название «стереолитографии» (STL). Патент на своё изобретение автор получил только в 1986 году, тогда же он основал компанию 3D System и приступил к разработке первого промышленного устройства для трёхмерной печати, которое было представлено

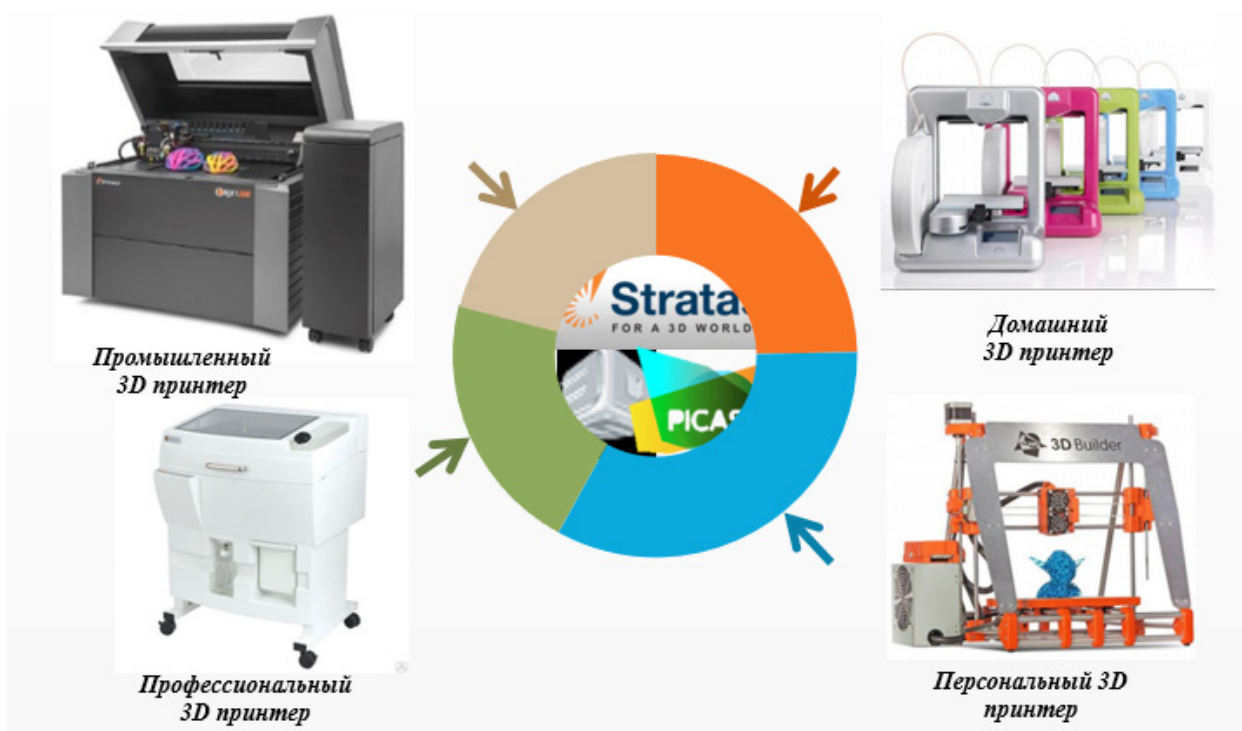


Рис. 1. Классификация 3D принтеров



общественности год спустя, в 1987 году. Так как термин «3D принтер» ещё не был введён в оборот, аппарат Чарльза Хала получил название «установка для стереолитографии». Устройство выращивало смоделированный на компьютере трёхмерный объект из жидкой фотополимеризующейся композиции, нанося её слой за слоем на подвижную платформу, погружаемую в ванну с ФПК. Толщина каждого слоя составляла примерно 0,1...0,2 мм.

Современные устройства можно разделить по принципу работы на следующие классы.

#### Струйный 3D принтер

Струйное моделирующее устройство, конструкцией, очень схоже с обычным струйным принтером. Ключевое отличие — наличие механизма послойного нанесения полимеризуемого или твердеющего материала на поверхность каждого рабочего слоя. В процессе работы, на каждый вновь сформированный слой наносится полимеризуемый или твердеющий материал. После нанесения каждого слоя струйная печатающая головка, в тех участках, где полимеризуемый или твердеющий материал должен затвердеть наносит полимеризующую добавку или иной активатор твердения. Цикл повторяется до завершения формирования твердого тела внутри массива не полимеризованного порошкового материала. Часто, в качестве рабочего материала применяют гипс, который твердеет при контакте с обычными, дешевыми водными чернилами для струйной печати.

#### Лазерные 3D моделирующие устройства

В процессе работы лазерного 3D моделирующего устройства на рабочий стол послойно наносится жидкий фотополимер. После нанесения каждого слоя, в тех местах, где фотополимер должен отвердеть, поверхность фотополимера засвечивается лазерным лучом. Таким образом объект наращивается послойно. После завершения формирования последнего слоя достаточно извлечь затвердевший объект из жидкого фотополимера.

Кроме этого существуют лазерные 3D моделирующие устройства, в которых вместо фотополимера используется металлический или полимерный порошок, который при формировании каждого нового слоя спекается лазером до твердого состояния.

#### 3D принтеры основанные на экструзии пластика

В таких устройствах, на будущее изделие, методом непрерывной экструзии, наносится расплав полимера в форме струи, диаметром от нескольких десятых миллиметра до нескольких миллиметров. Склеиваясь между собой, слои формируют будущее изделие. Управляет движением экструдера трехкоординатная кинематическая система, сходная с той, что применяется в пишущих и режущих плоттерах или гравировально-фрезерных станках. Известны так же специальные экструдерные насадки на обычный фрезерный станок с ЧПУ, преобразующие его в 3D моделирующее устройство.

Рассмотрим наиболее популярные модели принтеров разных фирм различающиеся классом и принципом работы.

**Cubify Cube** — разработан компанией 3D Systems — ведущим производителем в области трехмерной печати (рисунок 2, а). Работает на принципе экструзии пластика. Имеет область построения 140×140×140 и небольшой вес — всего 4,3 кг. Цена приблизительно 80 т. р. Печатает одноцветным пластиком с толщиной слоя 200 мкм. Считается моделью начального уровня, и это подтверждают его характеристики. Тем не менее, он имеет яркий запоминающийся дизайн качественного бытового прибора и выглядит уже не как плод размышлений сумасшедшего учёного, а как хорошее серийное устройство [2].

**3D Builder** — разработка российской компании Picaso и является уже принтером персонального уровня. Наиболее востребованная модель Picaso 3D Builder работает на принципе экструзии пластика и обеспечивает печать моделей с минимальной толщиной слоя 100 мкм и скоростью до 25 см<sup>3</sup>/час (рисунок 2, б). Размер области построения — 200×200×200, вес — 6,5 кг. Приблизительная стоимость 90 т. р. Использование 3D Builder позволяет ускорить производственный процесс и за максимально короткие сроки получить высокоточную копию моделей. Ее хорошо применять для изготовления архитектурных макетов, подарков, сувениров, скульптур [3].

Стоит обратить внимание на хорошо известный персональный 3D-принтер **Makerbot Replicator 2X** (рисунок 2, в.) Удостоен множеством призов и неоднократно назывался лучшим в своём классе. Также работает на принципе экструзии пластика, минимальная толщина слоя от 100 мкм, скорость до 24 см<sup>3</sup>/час, размер области печати — 250×160×150 мм и вес — 12,6 кг. Приблизительная стоимость 120 т. р. Характерно, что он выпускается с осени 2012 года, но не только не снимается с производства, но даже нисколько не теряет в цене! За это время лишь появилась двухцветная модификация с двумя печатающими головками Replicator 2X [4].

Компания Desktop Factory выпустила персональный трехмерный принтер **Desktop Factory 125ci 3D Printer** (рисунок 2, г) работающий по технологии лазерного спекания материала. Для полимеризации композитного пластикового порошка (нейлон с алюминиевым наполнителем) используется галогенная лампа. Размер зоны построения — 127×127×127 мм, толщина слоя — 0,254 мм. Стоимость составляет 140000 т. р. С помощью Desktop Factory нельзя напечатать модели с толщиной стенки менее 1 мм — это «чисто дизайнерский» принтер. Однако во многих случаях этого качества вполне достаточно для достижения конкретной цели в маркетинге, дизайне или при обсуждении и решении технологических вопросов [4].

Струйный 3D принтер **ZPrinter 310 Plus** относится уже к профессиональному классу (рисунок 2, д). Размер зоны построения 203×254×200, толщина слоя — 89 мкм. Он позволяет производить работу не только с высококачественными композитными материалами, но также с материалами для литейных форм, для выжигаемых моделей и специальным эластомерным материалом. По-





Рис. 2. Различные модели 3D принтеров: а — Cubify Cube; б — Picaso 3D Builder; в — Makerbot Replicator 2X; г — Desktop Factory 125ci 3D Printer; д — ZPrinter 310 Plus; е — Object500 Connex3 Color

купка данного устройства будет оправдана в различных сферах, таких как архитектура, медицина, дизайн, и в специализированных сферах по работе с металлами. Например, в литейные формы, сделанные на принтере, возможно заливать такие материалы как алюминий, цинк, магний (материалы низких температур плавления) [4].

Американская компания «Stratasys» производит струйные 3D-принтеры «Object500 Connex3 Color» (рисунок 2, е) способные печатать широким спектром пластмасс и резин с толщиной слоя в 16 мкм. Стоимость принтера составляет порядка 10 млн. р. Он способен печатать изделия высокого качества, сочетая несколько модельных материалов одновременно. Это дает возможность изго-

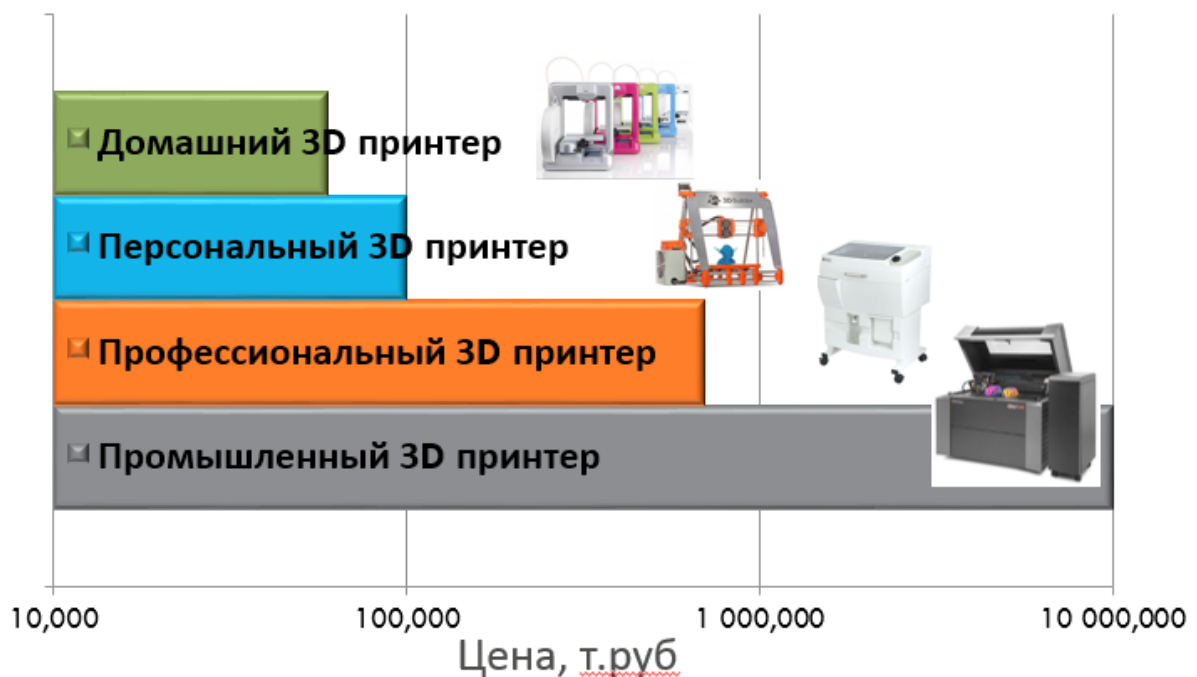


Рис. 3. Сравнение 3D принтеров по стоимости

тавливать детали и сборки, сделанные из различных материалов с различными механическими или физическими свойствами за один раз. Кроме того, революционным является получение на Connex500 новых материалов Digital Materials™, позволяющее создавать композиционные материалы с заранее заданными механическими свойствами [4].

Вывод: несмотря на то, что порог входа в индустрию 3D печати еще очень высок, за такими системами будущее. В пределах ближайшего будущего мы сможем лицезреть реальный переворот, как минимум, в высокотехнологичном производстве. Одними из первых это осознали в General Electric и уже стали производить на 3D принтерах сложные детали из титана для авиационных двигателей.

#### Литература:

1. Классификация 3D принтеров по типу и возможности работы [Электронный ресурс] // <http://tehnobzor.com> издание от 13 августа 2013. URL: <http://tehnobzor.com/tests-reviews/to-office-equipment/171-obzordomashnih-3d-printerov.html> — Загл. с экрана. (дата обращения 17.06.2014).
2. Цветной мир [Электронный ресурс]/URL: <http://cvetmir3d.ru/tovary/3d-printery/cubify/cubify-cube-gozovuy/> — Загл. с экрана. (дата обращения: 17.06.2014)
3. Picaso 3D Builder [Электронный ресурс]/URL: [http://picaso-3d.ru/products/picaso\\_3d/](http://picaso-3d.ru/products/picaso_3d/). — Загл. с экрана. (дата обращения: 17.06.2014)
4. Globatek. 3D [Электронный ресурс]/URL: <http://3d.globatek.ru/3d-printers/models/> — Загл. с экрана. (дата обращения: 17.06.2014)

## Объемные измерительные системы

Лысыч Михаил Николаевич, кандидат технических наук, старший преподаватель;

Шабанов Михаил Леонидович, кандидат технических наук, доцент

Воронежская государственная лесотехническая академия

Трубчанинов Борис Романович, студент

Воронежский техникум строительных технологий

Изобретателем пространственных измерительных систем принято считать Леонардо да Винчи, на эскизах которого, хранящихся в Лувре, можно видеть раздвижные мачты «мерила», установленные на телеге, в которую запряжена четверка лошадей. Двое рабов вращают ворот механизма наведения, рядом с повозкой стоит счетовод, вычисляющий координаты крайней точки верхней мачты. Разумеется, ни о каком практическом использовании этого устройства в то время не могло быть и речи: более простые средства измерения обеспечивали на порядки большую точность.

Второе рождение объемных измерительных систем произошло в конце 20 века, когда уровень технологий позволил начать производство достаточно точных координатных машин с достаточно низкой себестоимостью.

Можно выделить два основных метода используемых в системах объемного сканирования — контактный и бесконтактный.

На данный момент наиболее широко применяются измерительные системы с бесконтактными лазерными датчиками, заменившими контактные сенсоры, и цифровая фототехника, позволяющая более точно сканировать объекты и получать текстурную модель.

Лазерные трехмерные сканеры работают как с мелкими, так и с очень крупными объектами, что также рас-

ширяет область их применения в самых различных отраслях.

Широкое применение объемные измерительные системы нашли прежде всего в инженерии. Вопросы проектирования, контроля и инспектирования объектов — это их основные области деятельности. Они применяются на этапах изготовления объемных макетов, испытания и доводки с последующим выпуском соответствующей документации.

Технологии 3D сканирования также применяются в строительстве, архитектуре, медицине, киноиндустрии, музейном деле, промышленном дизайне и в индустрии развлечений, например, при создании компьютерных игр.

С помощью трехмерного сканирования можно оцифровывать культурное наследие, археологические объекты, предметы искусства. Широкое применение трехмерное сканирование нашло в медицинском протезировании и цифровом архивировании [1].

Ручной 3D сканер **ZScanner 700** (рисунок 2) позволяет с легкостью сканировать различные предметы, обходя и снимая их со всех сторон. 3D сканер работает как обычная видеокамера, снимая при этом трехмерные поверхности со скоростью до 15 поверхностей в секунду. Поэтому процесс сканирования объектов становится исключительно простым — необходимо обойти и отснять

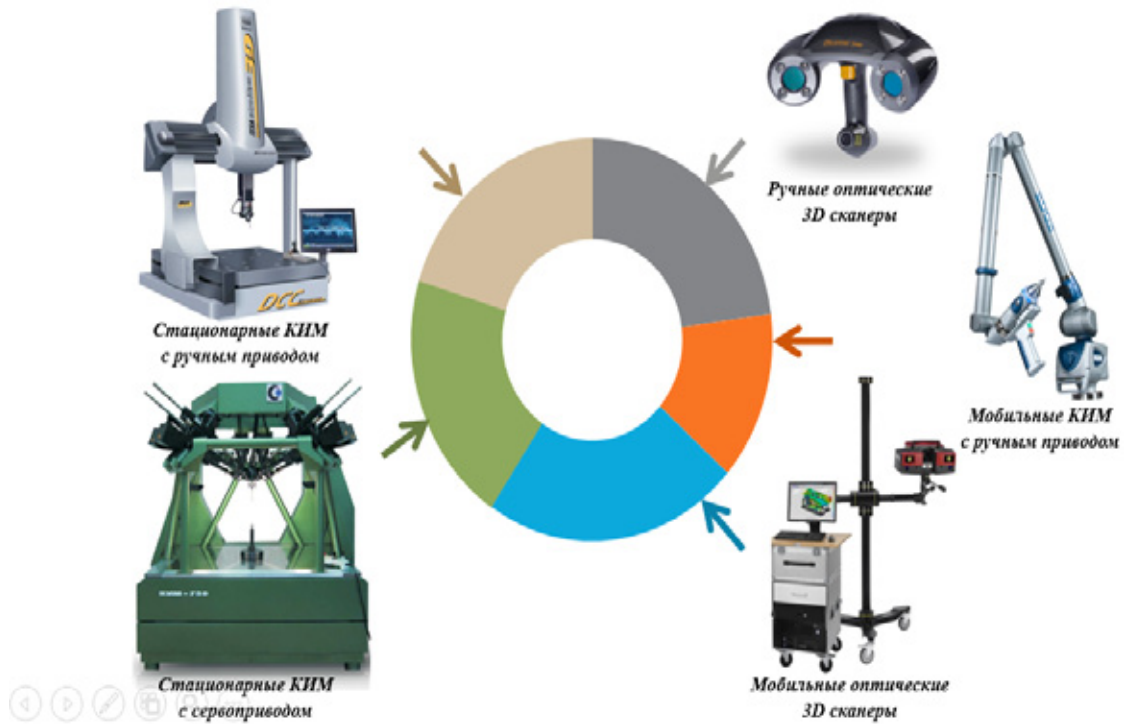


Рис. 1. Классификация оборудования для 3D сканирования

объект с различных ракурсов. В дальнейшем все эти поверхности объединяются в единую модель с помощью специального программного обеспечения [2].

Оптическая система оцифровки и измерений **ATOS II** (рисунок 3) позволяет за короткое время с высокой точностью оцифровать объект с поверхностью любой слож-

ности и получить его компьютерную модель. Системы применяется в автомобилестроении, турбостроении, авиастроении и аэрокосмической промышленности (оцифровка наружной поверхности, интерьера и отдельных компонентов), а также в разработках для производства бытовой техники и в медицине [2].

Модель КИМ	Рабочая расстояние, мм	Погрешность линейных измерений, мкм
ZScanner 700	300...1000	40

Рис. 2. Ручной 3D сканер ZScanner 700

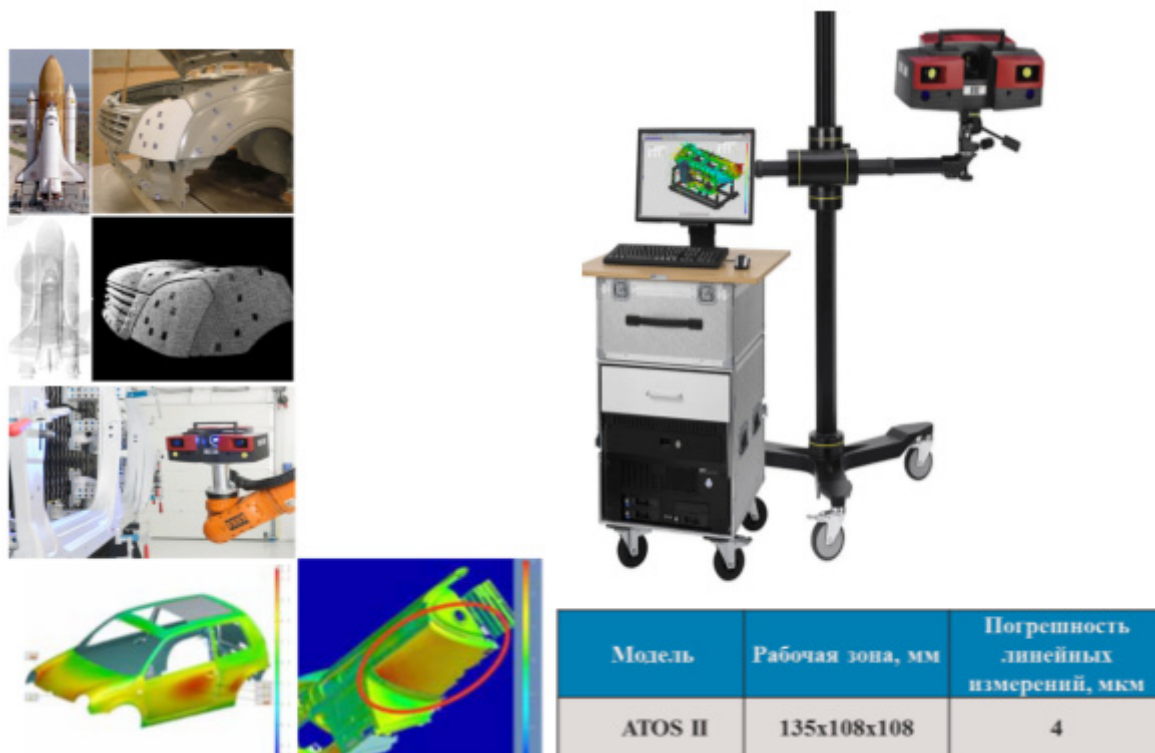


Рис. 3. Оптическая система оцифровки и измерений ATOS II

Мобильная координатно-измерительная машина **FARO EDGE** (рисунок 4) сочетает высокую мобильность, точность и универсальность при сравнительно невысокой цене и малом весе. Улучшенная конструкция балансира и правильное распределение веса элементов «руки» позволяют оператору работать эффективнее.

Помимо температурных датчиков, которые вносят коррективы в результат измерения, имеются датчики сдвига. Они позволяют правильно установить КИМ для измерений.

Встроенный сенсорный компьютер, с интегрированным интуитивно простым программным обеспечением,

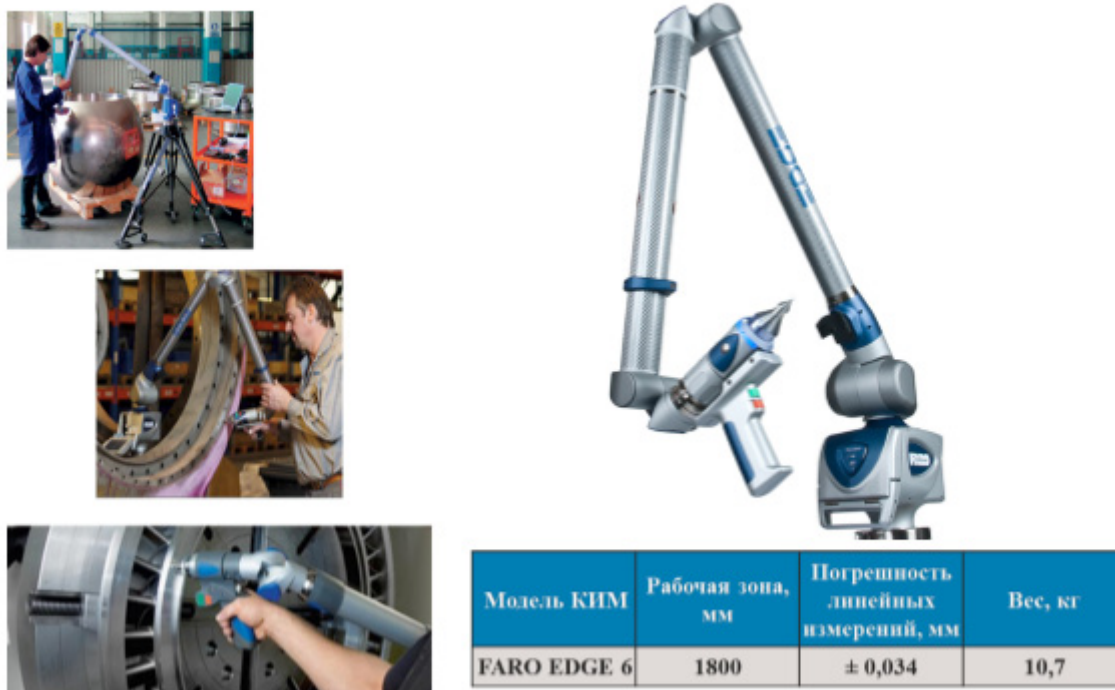


Рис. 4. Мобильная координатно-измерительная машина FARO EDGE





Рис. 5. Компактные координатно-измерительные машины TESA MICRO-HITE

позволяет проводить несложные геометрические измерения без использования ноутбука или стационарного компьютера [3].

Компактные координатно-измерительные машины **TESA MICRO-HITE** (рисунок 5) имеют ряд уникальных особенностей. Занимая среднее положение между ручным

инструментом и традиционными КИМ они позволяют обеспечить высокую точность и универсальность значительно сэкономив на сложном роботизированном приводе [4].

**КИМ-750** производства ООО «Лапик» (рисунок 6) обладает самой высокой точностью среди аналогов. Она



Рис. 6. КИМ-750 производства ООО «Лапик»

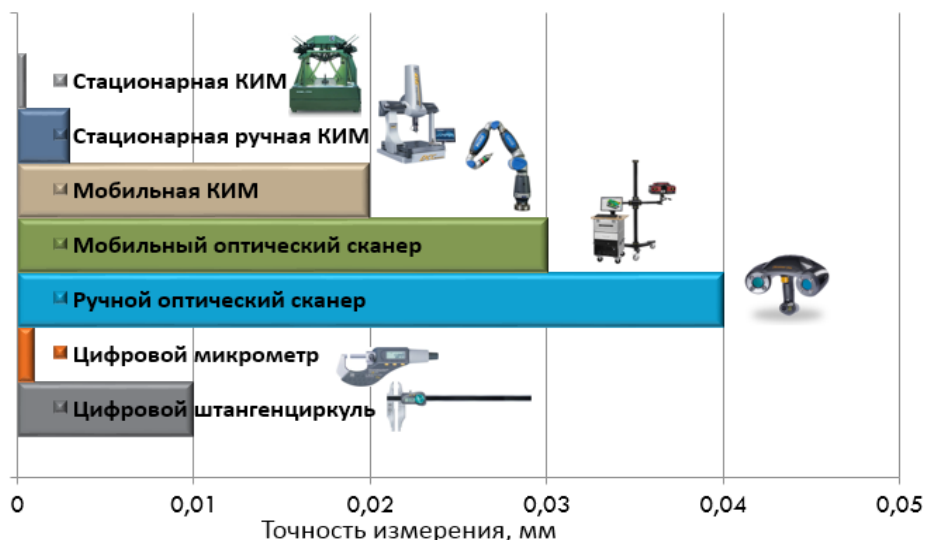


Рис. 7. Сравнительный анализ точности различных систем сканирования и универсального цифрового измерительного инструмента

занесена в список НАТО как потенциально опасная технология двойного назначения.

Конструкция КИМ обеспечивает шесть степеней свободы рабочего органа, шесть одновременно и согласовано управляемых осей перемещения. Жесткость конструкции превосходит аналоги в 5 раз. Измерительная система отделена от силовой, что обеспечивает долговременную стабильность характеристик в повышении точности измерений [5].

На рисунке 7 представлен сравнительный анализ точности различных систем сканирования и универсального цифрового измерительного инструмента.

Системы объемного сканирования могут решать измерительные задачи любой сложности в машиностроении, архитектуре, медицине и множестве других областей.

Уникальные возможности обеспечивают измерение объектов очень больших размеров и сложной формы, позволяют создавать математические модели объектов, с возможностью их хранения, анализа и измерения.

Литература:

1. 3D-сканирование в интересах 3D-моделирования [Электронный ресурс]/URL: <http://www.comprice.ru/articles/detail.php?ID=40134> — Загл. с экрана. (дата обращения: 17.06.2014)
2. Обзор производителей оптических измерительных систем и их продукции: часть I [Электронный ресурс]/URL: <http://mastermodel.ru/articles/obzor-proizvoditeley-opticheskikh-izmeritelnyh-sistem-i-ih-produkcii-chast-i> — Загл. с экрана. (дата обращения: 17.06.2014)
3. Мобильные координатно-измерительные машины серии FARO Edge Arm [Электронный ресурс]/URL: <http://www.thesis.com.ru/equip/kimfaro/edge.php> — Загл. с экрана. (дата обращения: 17.06.2014)
4. TESA MICRO-NITE 3D [Электронный ресурс]/URL: <http://www.soyuzcom.ru/index.php?page=catalog&tid=100035> — Загл. с экрана. (дата обращения: 17.06.2014)
5. КИМ 750 ООО «Лапик» [Электронный ресурс]/URL: <http://www.lapic.ru/prod/models/?m1=2> — Загл. с экрана. (дата обращения: 17.06.2014)



## Оценка длительности сохранения гидрофобных свойств металлоорганических гидрофобизаторов в строительных материалах при различных условиях твердения

Мороз Марина Николаевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник;

Петухов Андрей Владимирович, магистрант;

Калашников Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Использование низкощелочных минеральношлаковых вяжущих (МШВ) с использованием различных горных пород и бетонов на их основе с 2–3% NaOH от массы вяжущего, является экономической основой по сравнению с шлакощелочными бетонами В.Д. Глуховского с 8–10% NaOH [1–5].

Экономическая эффективность гидрофобизированных строительных материалов не оценивается ни потребителями продукции, ни изготовителями её. Эффект от использования гидрофобизированных изделий связан с более высокой долговечностью их, исключением ремонта конструкций после более длительных сроков эксплуатации, чем обычных конструкций и т. п.

Повышенная температура обработки МШВ на основе известняка, глины, песчаника и гравелита, оказывает ускоряющее влияние на формирование структуры материала и кинетику набора прочности. Однако не установлено, влияет ли температура тепловой обработки и щелочная среда на сохранение гидрофобизирующих свойств металлоорганических соединений, а вместе с этим на формирование прочности материалов и сохранение водостойкости их.

Для выяснения влияния температурного фактора на водостойкость МШВ с металлоорганическим гидрофобизатором использовали составы на основе карбонатно-шлакового (КШВ) и глиношлакового (ГШВ) вяжущих (табл. 1). Образцы приведенного состава изготовлены методом прессования (давление прессования 25 МПа). Одна часть отпрессованных образцов со стеаратом цинка хранилась в нормально-влажностных условиях при  $t = 20^\circ\text{C}$ , другая — подвергнута ТВО при  $t = 70^\circ\text{C}$  в термостате по режиму: подъем температуры 4,5 часа + изотермическая выдержка 4 ч + естественное остывание. Последующий сухой прогрев предварительно пропаренных образцов осуществлялся в термостате при температуре  $150^\circ\text{C}$  по режиму: подъем 5 ч + изотермия 6 ч + естественное остывание.

Эффективность стеарата цинка при воздействии прогрева определяли, сравнивая значения длительного водопоглощения по массе и коэффициента длительной водостойкости, с аналогичными образцами, твердевшими при нормальных условиях твердения. Образцы после достижения 28-ми суток твердения обезвоживались в эксикаторе над хлоридом кальция до стабилизации массы. Часть образцов насыщалась водой в течение полугодия, другая — была подвергнута процессу сушки до посто-

янной массы в сушильном шкафу при  $t = 105 \pm 5^\circ\text{C}$ . Далее, рассчитывали коэффициент длительной водостойкости. Результаты эксперимента (табл. 1) свидетельствуют о том, что воздействие высоких температур на образцы из КШВ и ГШВ, содержащие стеарат цинка, понижает гидрофобное действие стеаратов по сравнению с образцами, твердевшими при нормальных условиях с последующим обезвоживанием над хлоридом кальция.

Из рис. 1 видно, что для образцов ГШВ как контрольных, так и со стеаратом цинка проявляется более существенный прирост прочности по сравнению с образцами на КШВ как при ТВО, так и сухом прогреве.

Сравнивая значения прочности составов (рис. 1) можно отметить, что прочность на сжатие образцов из ГШВ значительно выше, чем из КШВ. Прочность незначительно возрастает, если вводится стеарат цинка. Особенно это заметно, если образцы подвергаются ТВО или прогреву: прочность на сжатие ГШВ со стеаратом цинка после прогрева превышает прочность КШВ в 2 раза, достигая 101,9–106,8 МПа. ТВО образцов из ГШВ с добавлением стеарата цинка обеспечивает набор прочности на сжатие до 80,7 МПа. При этом коэффициент длительной водостойкости равен 0,89 (табл. 1).

Такая неадекватная реакция составов на повышение температуры твердения объясняется тем, что известняк, содержащий кальцит, практически не реагирует со шлаком и щелочью, а глина, состоящая из водных алюмосиликатов, образует продукты реакции с этими компонентами, дополнительно поставляя при термосинтезе гидроралюмосиликаты натрия и кальция.

Водопоглощение контрольных составов из КШВ и ГШВ при сухом прогреве и 150 сут. насыщении в воде самое высокое, и составляет 15,11% и 12,88%, соответственно. Стеарат цинка в КШВ после сухого прогрева и насыщения понижает поглощение воды в 1,28 раза, в ГШВ — в 1,14 раз по сравнению с негидрофобизированными составами (рис. 1). Гидрофобизированные стеаратом цинка МШВ, твердевшие в нормальных условиях с последующим обезвоживанием над хлоридом кальция, имеют самый высокий коэффициент длительной водостойкости — 1,18 и самое низкое водопоглощение по массе, которое после полугодичного экспонирования в воде составляет: для КШВ — 5,39%, для ГШВ — 5,19%. Значения водопоглощения МШВ со стеаратом цинка после ТВО, являются промежуточными между зна-

Таблица 1. Изменение прочности на сжатие и длительного коэффициента водостойкости образцов на КШВ и ГШВ со стеаратом цинка при различных температурах

№	Вид вяжущего и соотношение его компонентов, %	Вид/кол-во добавки, % от $m_b$	Условия хранения образцов нормал твердения	$K_{\text{водост}}$	Водопоглощение по массе через 6 месяцев, %
1	Карбонатно-шлаковое шлак: известняк 60:40	—	Нормал. условия+ +над $\text{CaCl}_2$	0,60	9,7
2		Ст. Zn/2,5		1,18	5,39
5		—	ТВО $t=70^\circ\text{C}$	0,63	10,42
6		Ст. Zn/2,5		0,91	8,86
7		—	Прогрев $t=150^\circ$	0,66	15,11
8		Ст. Zn/2,5		0,80	11,83
9	Глиношлаковое шлак: глина 60:40	—	Нормал. условия+ +над $\text{CaCl}_2$	0,51	7,75
10		Ст. Zn/2,5		1,18	5,19
13		—	ТВО $t=70^\circ\text{C}$	0,72	8,33
14		Ст. Zn/2,5		0,89	7,43
15		—	Прогрев $t=150^\circ$	0,74	12,88
16		Ст. Zn/2,5		0,60	11,34

чениями водопоглощения прогретых и нормально-твердевших образцов. Составы 6 и 14 имеют близкие значения водопоглощения (табл. 1). При тепловой обработке при температуре  $50^\circ\text{C}$  негативные изменения незначительны, что позволяет рекомендовать мягкие режимы пропаривания гидрофобизированных МШ композиционных материалов.

Таким образом, экспериментальными данными подтверждено, что нормальные условия твердения, с последующим удалением остаточной влаги из образцов

при их выдерживании над хлоридом кальция обеспечивают достаточную прочность, способствуют понижению водопоглощения и повышению длительного коэффициента водостойкости. Поэтому для гидрофобизированных изделий можно использовать мягкие режимы пропаривания при температуре  $50-70^\circ\text{C}$ . Установлено некоторое понижение гидрофобных свойств МШВ с добавкой стеарата цинка при повышении температуры. Возможно, негативное действие пропаривания на МШВ с гидрофобной добавкой стеарата цинка приводит к незначительной

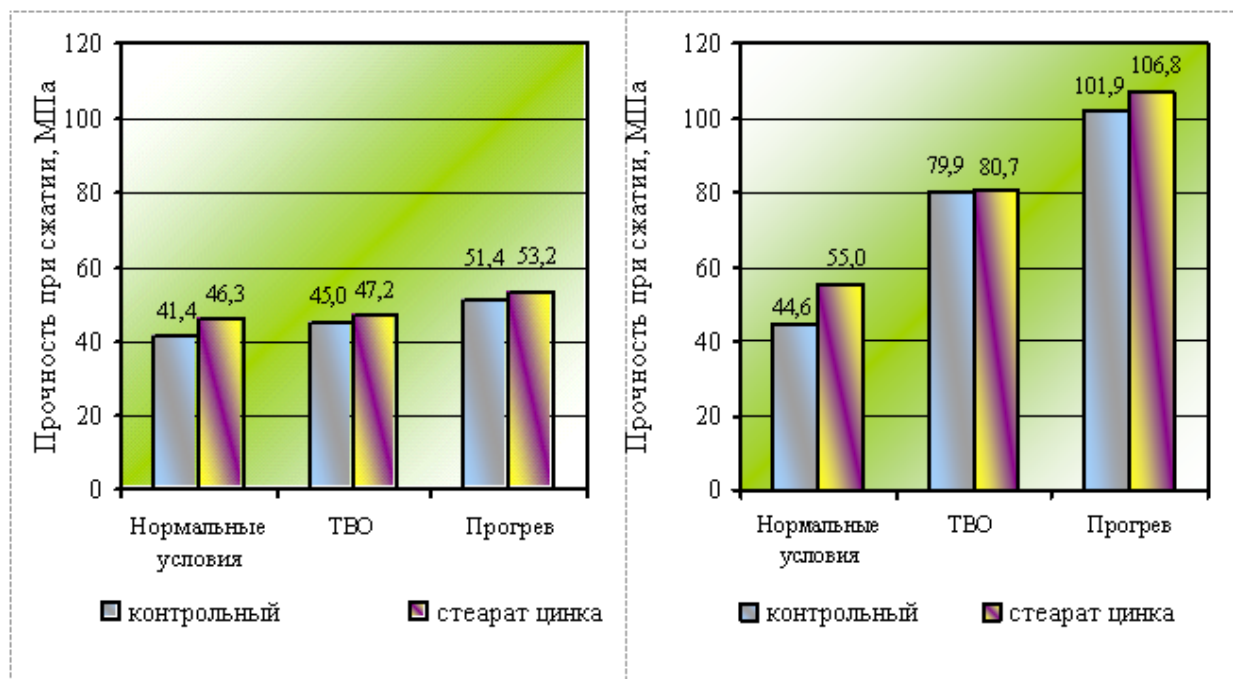


Рис. 1. Изменение прочности на осевое сжатие КШВ (слева) и ГШВ (справа) со стеаратом цинка при различных условиях твердения

окислительной деструкции стеаратов металлов в сильно щелочной среде композиционного вяжущего, но коэффициент длительной водостойкости остаётся очень высоким. При ТВО в среде насыщенного пара концентрация щелочи в поровой жидкости становится меньше начальной за счет конденсации пара. При сухом прогреве ситуация кардинально меняется. При температуре 150°C водопоглощение существенно возрастает, что связано с действием высокомолярного раствора щелочи, но и с физическим механизмом плавления высокодисперсных частичек стеарата цинка и стягиванием их с поверхности в микрокапельки расплава, с существенным уменьшением поверхности.

С повышением температуры свыше 100°C вода начинает испаряться, температура кипения более насыщен-

ного раствора повышается. При достижении предельной растворимости щелочи в воде 3220 кг в 1 л растворителя температура кипения может достигать 140°C и более. В таких условиях при кипении 80-ти молярного раствора деструкция гидрофобизатора неизбежна. Тем не менее, судя по более низкому водопоглощению (составы 8 и 11) и более высокому (состав 8) и близкому (состав 11) к контрольным составам (7 и 15) гидрофобный эффект сохраняется.

Экспериментальные результаты высокотемпературного воздействия являются веским доказательством чрезвычайно высокой продолжительности сохранения гидрофобных свойств в теле бетона при эксплуатации его в атмосферных условиях.

#### Литература:

1. Карташов, А. А. Низкощелочные композиционные минеральношлаковые вяжущие с использованием отдельных пород осадочного происхождения и строительные материалы на их основе. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Пенза. 2005 г.
2. Ерошкина, Н. А. Минерально-щелочные вяжущие монография/Н. А. Ерошкина, В. И. Калашников, М. О. Коровкин; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное гос. бюджетное образовательное учреждение высш. проф. образования «Пензенский гос. ун-т архитектуры и стр-ва». Пенза, 2012.
3. Калашников, В. И., Хвастунов, В. Л., Макридин, Н. И., Карташов, А. А., Новые геополимерные материалы из горных пород, активированные малыми добавками шлака и щелочей // Строительные материалы. 2006. № 6. с. 93–95.
4. Ерошкина, Н. А., Калашников В. И., Коровкин, М. О. Вяжущее, полученное из магматических горных пород с добавкой шлака, и бетон на его основе // Региональная архитектура и строительство. 2011. № 2. 62–65.
5. Калашников, В. И., Мороз, М. Н., Нестеров, В. Ю., Хвастунов, В. Л., Василик, П. Г. Органические гидрофобизаторы в минерально-шлаковых композиционных материалах из горных пород // Строительные материалы. 2005. № 4. с. 26–29.

## Предполагаемый механизм поверхностной гидрофобизации строительных материалов

Мороз Марина Николаевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник;

Суздальцев Олег Владимирович, аспирант;

Калашников Владимир Иванович, доктор технических наук, профессор

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

При гидрофобизации строительных материалов методом пропитки эмульсией гидрофобизирующего вещества возможны два механизма, которые можно охарактеризовать как *плёночно-малопроникающий* и *плёночно-высокопроникающий*. Эти механизмы обусловлены соотношением размеров пор и размеров молекул полимерного вещества. И тот и другой механизмы предопределяются также вязкостью гидрофобизирующего раствора или эмульсии. Чисто плёночный механизм поверхностной гидрофобизации, когда полимерное вещество не проникает в поровое пространство, например, покрытие расплавленным битумом. В силу жидкой вязкости битума и высокой молекулярной

массой его, битум не проникает в капиллярные поры бетона. Для улучшения гидрофобизации битум растворяют в соответствующем растворителе (керосине, соляровом масле и др.). В этом случае раствор проникает лишь незначительно в крупные поры, а растворитель впитывается в более мелкие, мало гидрофобизируя стенки их. Из-за низкой степени гидрофобности плёночно-малопроникающий механизм проявляется, если молекулярная масса гидрофобизатора, а, следовательно, поперечный размер разветвленных предельных алифатических или карбоциклических молекул превышает размер основных пор на дифференциальной кривой распределения пор по размерам.

Стерические препятствия проникновению полимера уменьшаются при использовании полимеров с мало разветвленными цепными молекулами. В этом случае, начинает проявляться следующий плёчно-высокопроникающий механизм гидрофобизации. Молекулы гидрофобизатора, в данном случае, покрывают не только плёнкой изделия с поверхности, но и поверхность пор или кольматируют те поры, размер которых соизмерим с размерами молекул полимера. Естественно, что переход от одного к другому механизму связан с пористостью строительных материалов.

Если для бетонов, изготавливаемых при высоких В/Ц без суперпластификаторов доля капиллярных пор большого размера (от 1–10 мкм) велика, а в бетонах с суперпластификаторами со значительным снижением В/Ц отношения, поровое пространство представлено тончайшими капиллярами и контракционными микро- и макрокапиллярными порами размерами с 0,01–1 мкм (Горчаков Г.И.), то один и тот же гидрофобизатор, в первом случае, может гидрофобизировать бетон по плёчно-высокопроникающему механизму, во втором, по плёчно-малопроникающему механизму. Примером проявления последнего механизма может служить пропитка высокоплотных бетонов — «реакционно-порошковых бетонов (Reaktionspulver beton — RPB или Reactive Powder Concrete — RPC» [1, 2].

Водопоглощение такого бетона составляет 4% [3]. Пропитывая такой бетон толуольным раствором лака «ВВМ-М-7», нами было показано, что после снятия поверхностной пленки полимера водопоглощение по массе уменьшилось незначительно и составило 3,5%. Это свидетельствовало о том, что достаточно тонкие капиллярные поры такого бетона не дают возможность крупным полимерным молекулам в растворе пропитывающей жидкости проникнуть внутрь, и гидрофобизатор, стремясь заполнить мелкие поры, встречая «препятствия», не диффундирует в тонкие поры. При этом гидрофобизируются более крупные поры материала и формируется пленка полимера на поверхности их. В данном случае проявляется механизм плёчно-малопроникающего действия гидрофобизатора с малым расходом его.

О кардинальном изменении гигрометрических свойств пористых материалов с различной пористостью после пропитки их гидрофобными жидкостями свидетельствует следующий эксперимент. Из молотого мрамора с удельной поверхностью 560 м<sup>2</sup>/кг при влажности 14% прессовались образцы двух серий: при давлении 15 и 20 МПа. После выдерживания их в воздушно-влажностных условиях в течение 5 суток для образования стабильных кальцитовых контактов они высушивались при температуре 105°С. Средняя плотность образцов первой серии составляла 1775 кг/м<sup>3</sup>, вторых — 1900 кг/м<sup>3</sup>. Затем образцы первой серии и часть образцов второй пропитывались раствором акрилового лака в толуоле в соотношении лак:толуол 1:7,5 в течение одних суток. Массопоглощение образцов первой серии раствора составляло 14,2%, второй

серии — 12,9%. После сушки содержание сухого лака в образцах первой серии составляло 1,96%, а второй — 1,7% по массе. Условный расход сухого лака на единицу поверхности первой серии был — 142 г/м<sup>2</sup>, второй — 132 г/м<sup>2</sup>.

Для установления глубины проникновения гидрофобизатора с пропитанных образцов первой серии механическим способом снимался поверхностный слой толщиной 0,12 мм. Контрольные образцы второй серии лаком не покрывались. Негидрофобизированные и гидрофобизированные образцы, в том числе с удаленным поверхностным слоем подвергались водонасыщению в течение 56 суток. Кинетика водопоглощения представлена на рис. 2. Как следует из кинетики водонасыщения, негидрофобизированные образцы за 4 дня насытились до влажности 18,8% по массе и, соответственно, до 36,5% по объему и начали размучиваться в воде (рис. 1 а; б).

Гидрофобизированные образцы с первой серии с более низкой плотностью с удаленным поверхностным слоем поглотили через 56 суток 8,6% воды, т. е. в 2 раза меньше, чем контрольные, что свидетельствовало о проникновении полимера на глубину более 0,12 мм. Еще более низкое водопоглощение — в 3 раза меньшее, по сравнению с негидрофобизированными образцами, получено у пропитанных образцов второй серии.

Для оценки сохранения гидрофобного эффекта во времени образцы выдерживались на воздухе в течение 6 месяцев. Затем они высушивались при температуре 105°С в сушильном шкафу до постоянного веса. С образцов первой серии с первоначально удаленным слоем был дополнительно снят поверхностный слой толщиной 2,0 мм. Образцы повторно подвергались насыщению в течение 180 суток. Кинетика водонасыщения по второму циклу свидетельствует о том, что образцы после естественного нахождения в воде и сушке при температуре 105°С не только сохранили свои водоотталкивающие свойства, но и значительно усилили их. Несмотря на удаление значительного слоя с поверхности после достигнутого водопоглощения 3,66% за 28 суток, в дальнейшем не прибавляли в весе и сохранили 28 суточное водопоглощение по массе в течение 5 месяцев на стабильном уровне, причем этот уровень был в 2,5 раза ниже, чем водопоглощение «материнских» образцов в первом цикле испытания.

Образцы второй серии, значительно снизили скорость водопоглощения в течение одного месяца экспонирования в воде, но, насыщаясь водой в последующие 5 месяцев, практически достигли равного водопоглощения с образцами при первом цикле испытаний. Причина такой аномалии в низком повторном водопоглощении образцов со снятым поверхностным слоем трудна объяснима. Возможно, в процессе длительного нахождения на воздухе и повторной сушки меньшие образцы подверглись в большей степени окислительной и углекислотной полимеризации с увеличением молекулярной массы полимера и возрастанием гидрофобности. Вторая, более вероятная причина, возможно, состоит в заполнении по-

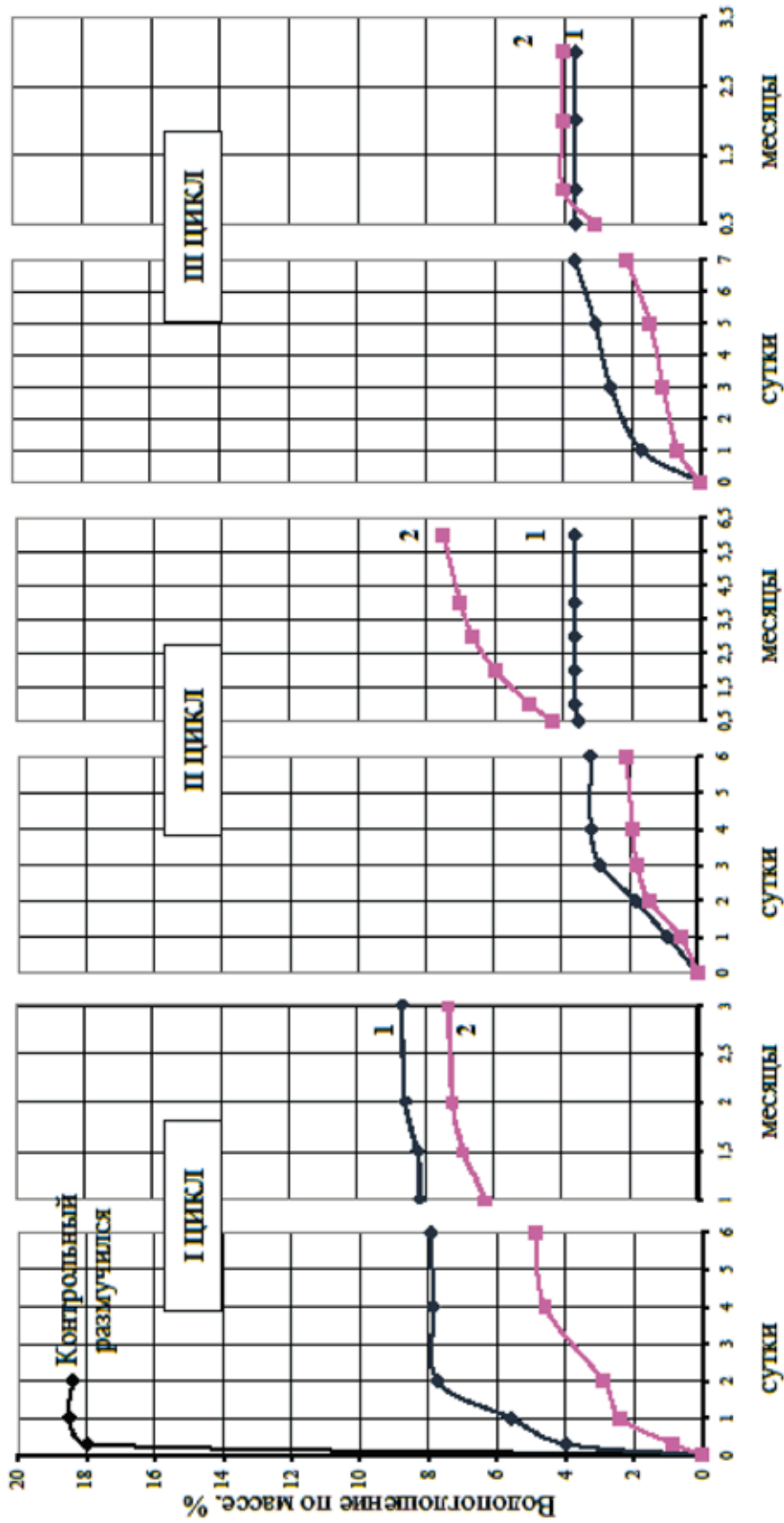


Рис. 1. Кинетика водопоглощения пропитанных лаком «ВМ-М-7» образцов из молотого мрамора при циклическом «увлажнении-высушивании»





Рис. 2. Негидрофобизированный размучившийся в воде (слева) и гидрофобизированные (справа) образцы из прессованного порошка мрамора; а) — в процессе водонасыщения; б) — после водонасыщения

верхностных пор тончайшими гидрофобизированными частицами материала при обдирании поверхностного слоя. Однако важно не объяснение механизма повышения гидрофобных свойств образцов после длительного экспонирования в воде и обезвоживания, а сам факт сохранения, и даже, увеличения гидрофобности материала во времени.

Учитывая, что были использованы не твердеющие во времени более пористые образцы из дисперсного мрамора, слегка цементированные собственным веществом и пленками полимера, то можно считать установленным факт повышения гидрофобности пропитанных материалов при поверхностной механической обработке их.

#### Литература:

1. Калашников, В.И. Через рациональную реологию в будущее бетонов. Ч. 3. От высокопрочных и особовысокопрочных бетонов будущего к суперпластифицированным бетонам общего назначения настоящего // Технологии бетонов. 2008. №1. с. 22.
2. Калашников, В. И., Валиев, Д. М., Гуляева, Е. В., Володин, В. М., Высокопрочные порошково-активированные пропариваемые песчаные бетоны нового поколения. Известия высших учебных заведений. Строительство. 2011. №5. с. 14–19.
3. Мороз, М. Н., Калашников, В. И., Суздальцев, О. В., Янин, В. С. Высокопрочные декоративно-отделочные поверхностно-гидрофобизированные бетоны // Региональная архитектура и строительство. 2014. №1. с. 18–23.

## Современные требования к безопасности мясных изделий

Нуштаева Анастасия Игоревна, студент;

Губер Наталья Борисовна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент;

Ребезов Ярослав Максимович, студент;

Раков Михаил Олегович, студент;

Полтавская Юлия Андреевна, студент

Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет) (г. Челябинск)

Расширение отечественного производства пищевых продуктов и продовольственного сырья, отвечающего современным требованиям качества и безопасности, является одной из главных задач государственной политики в области здорового питания [1–3]. В соответствии с политикой кафедры прикладной биотехнологии Южно-Уральского государственного университета проводит ис-

следования в области современных биотехнологических способов получения новых продуктов питания и медико-биологической оценки их качества и безопасности [4–11]. Увеличение доли производства мясных продуктов, в т.ч. мясных консервов, делает необходимым законодательно обеспечить их безопасность на потребительском рынке [12–16].



Таблица 1. Показатели безопасности мясных консервов

Показатели безопасности мясных консервов	СанПиН 2.3.2.1078–01		ТР ТС 034/2013	
	допустимые уровни, мг/кг, не более			
<i>Токсичные элементы:</i>				
свинец	0,5	—	0,5	—
	1,0	для консервов в сборной жестяной таре	1,0	для консервов в сборной жестяной таре
мышьяк	0,1		—	
кадмий	0,05	—	0,05	—
	0,1	для консервов в сборной жестяной таре	0,1	для консервов в сборной жестяной таре
ртуть	0,03		—	
олово	200,0	для консервов в сборной жестяной таре	200,0	для консервов в сборной жестяной таре
хром	0,5	для консервов в сборной хромированной таре	0,5	для консервов в сборной хромированной таре
<i>Пестициды:</i>				
Гексахлор-циклогексан ( $\alpha$ , $\beta$ , $\gamma$ -изомеры)	0,1	—	0,1	—
ДДТ и его метаболиты	0,1	—	0,1	—
<i>Нитрозамины:</i>				
Сумма НДМА и НДЭА	0,002	для консервов с добавлением нитрита натрия	0,002	для консервов с добавлением нитрита натрия
<i>Нитраты:</i>				
	200	мясорастительные с овощами	200	мясорастительные с овощами
<i>Радионуклиды:</i>				
Цезий-137	300	Бк/кг, мясо без костей	—	—
<i>Диоксины:</i>				
	0,000003	Говядина, баранина (в пересчете на жир)	0,000003	Говядина, баранина (в пересчете на жир)
	0,000001	Свинина, (в пересчете на жир)	0,000001	Свинина, (в пересчете на жир)

Показатели безопасности мясных консервов регламентируются СанПиН 2.3.2.1078–01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» и Техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности мяса и мясной продукции» (ТР ТС 034/2013). Предельно допустимые нормы показателей безопасности мясных консервов отражены в таблице 1.

Исходя из табличных данных, можно сделать следующие выводы. Показатели безопасности по тяжелым металлам одинаковы для всех нормируемых элементов (свинец, мышьяк, кадмий, олово, хром), кроме ртути и мышьяка. Согласно новым требованиям ТР ТС 034/2013, остаточное количество обоих элементов в продукте недопустимо, в то время как по СанПиН 2.3.2.1078–01 допускается 0,03 мг/кг ртути и 0,1 мг/кг мышьяка. Норма пестицидов, нитрозаминов, нитратов, диоксинов и стронция-90 в обоих нормативных документах идентична.

Следовательно, становится очевидным, что ТР ТС 034/2013 ужесточил требования на содержание опасных загрязняющих элементов в продукте.

Требования к микробиологическим показателям безопасности консервов группы А и Д, отраженные в таблицах 2 и 3 соответственно, имеют одинаковые предельные значения в обоих нормативных документах.

Таким образом, нормативно-правовое закрепление ответственности производителя за выпуск не соответствующей требованиям безопасности мясной продукции является одним из механизмов реализации политики РФ в области здорового питания. Кроме того, для того, чтобы мясная продукция отвечала жестким требованиям ТР ТС 034/2013 считаем целесообразным сертифицировать систему качества и безопасности на предприятиях-изготовителях [17–23].

Таблица 2. **Микробиологические показатели безопасности (промышленная стерильность) полных консервов групп А**

<b>Микроорганизмы, выявленные в консервах</b>	<b>Консервы общего назначения</b>
Спорообразующие мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы группы <i>B. subtilis</i>	Отвечают требованиям промышленной стерильности. В случае определения количества этих микроорганизмов оно должно быть не более 11 клеток в 1 г (см <sup>3</sup> ) продукта
Спорообразующие мезофильные аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы группы <i>B. cereus</i> и (или) <i>B. polymyxa</i>	Не отвечают требованиям промышленной стерильности
Мезофильные клостридии	Отвечают требованиям промышленной стерильности, если выявленные мезофильные клостридии не относятся к <i>C. botulinum</i> и (или) <i>C. perfringens</i> . В случае определения мезофильных клостридий их количество должно быть не более 1 клетки в 1 г (см <sup>3</sup> ) продукта
Неспорообразующие микроорганизмы и (или) плесневые грибы, и (или) дрожжи	Не отвечают требованиям промышленной стерильности
Плесневые грибы, дрожжи, молочнокислые микроорганизмы (при посеве на эти группы)	–
Спорообразующие термофильные анаэробные, аэробные и факультативно-анаэробные микроорганизмы	Отвечают требованиям промышленной стерильности, но температура хранения не должна быть выше 2°C

Таблица 3. **Микробиологические показатели безопасности (промышленная стерильность) полуконсервов группы Д**

<b>Показатели</b>	<b>Допустимый уровень, отвечающий требованиям промышленной стерильности</b>
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ)	Не более 2·10 <sup>2</sup> КОЕ/г (см <sup>3</sup> )
Бактерии группы кишечных палочек (БГКП, коли-формы)	Не допускается в 1 г (см <sup>3</sup> ) продукта
<i>B. cereus</i>	Не допускается в 1 г (см <sup>3</sup> ) продукта
Сульфитредуцирующие клостридии	Не допускается в 0,1 г (см <sup>3</sup> ) продукта*
<i>S. aureus</i>	Не допускается в 1 г (см <sup>3</sup> ) продукта
Патогенные, в том числе сальмонеллы	Не допускается в 25 г (см <sup>3</sup> ) продукта

Литература:

1. Ребезов, М. Б., Топурия Г. М., Асенова Б. К. Виды опасностей во время технологического процесса производства сыровяленых мясопродуктов и предупреждающие действия (на примере принципов ХАССП). Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2014. Т. 2. № 1. с. 60–66.
2. Боган, В. И., Ребезов М. Б., Гайсина А. Р., Максимюк Н. Н., Асенова Б. К. Совершенствование методов контроля качества продовольственного сырья и пищевой продукции. Молодой ученый. 2013. № 10. с. 101–105.
3. Губер, Н. Б., Ребезов М. Б., Топурия Г. М. Инструменты снижения рисков при реализации инновационных проектов в сфере продуктов питания животного происхождения. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2014. Т. 8. № 1. с. 156–159.
4. Губер, Н. Б., Монастырев А. М., Ребезов М. Б. Научное и практическое обоснование новых биотехнологических приемов повышения производства говядины и ее пищевой ценности. В. Новгород: Новгородский технопарк, 2013. 120 с.
5. Максимюк, Н. Н., Ребезов М. Б. Физиологические основы продуктивности животных. В. Новгород: Новгородский технопарк, 2013. 144 с.

6. Зинина, О. В., Ребезов М. Б., Соловьева А. А. Биотехнологическая обработка мясного сырья. В. Новгород: Новгородский технопарк, 2013. 272 с.
7. Ребезов, М. Б., Лукин А. А., Хайруллин М. Ф., Лакеева М. Л. Сравнительная оценка воздействия ферментных препаратов различного происхождения на коллагенсодержащее сырье. Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2011. №5 (10). с. 28–36.
8. Зинина, О. В., Тарасова И. В., Ребезов М. Б. Влияние биотехнологической обработки на микроструктуру коллагенсодержащего сырья. Всё о мясе. 2013. №3. с. 41–43.
9. Ребезов, Я. М., Дуць А. О., Ребезов М. Б., Ковтун М. А., Асенова Б. К., Окушанова Э. К., Азильханов А. С. Оценка соответствия разработанного мясопродукта (мясные снежки) требованиям безопасности. Молодой ученый. 2014. №8. с. 238–243.
10. Тарасова, И. В., Ребезов М. Б., Переходова Е. А., Косолапова А. С., Зинина О. В. Оценка показателей качества полуфабрикатов мясных рубленых с биомодифицированным сырьем. Молодой ученый. 2014. №8. с. 279–281.
11. Губер, Н. Б., Ребезов М. Б., Асенова Б. К. Перспективные способы разработки мясных биопродуктов. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2014. Т. 2. № 1. с. 72–79.
12. Нуштаева, А. И., Губер Н. Б. Некоторые аспекты стандартизации в мясной отрасли. Молодой ученый. — 2013. — № 10. — с. 178–181.
13. Губер, Н. Б. Проблема сохраняемости мясной продукции в торговых сетях. В сборнике: Наука. Южно-Уральский государственный университет: материалы 65-й Научной конференции. 2013. с. 24–27.
14. Нуштаева, А. И., Губер Н. Б. Анализ состояния рынка мясных баночных консервов России и Уральского региона. Молодой ученый. 2013. № 11. с. 168–170.
15. Гаязова, А. О., Ребезов М. Б., Паульс Е. А., Ахмедьярова Р. А., Косолапова А. С. Перспективные направления развития производства мясных полуфабрикатов. Молодой ученый. 2014. №9 (68). с. 127–129.
16. Дуць, А. О., Ребезов М. Б., Ребезов Я. М., Ковтун М. А., Зинина О. В. Разработка «Дома качества» для производства мясных снежков. Молодой ученый. 2014. №9 (68). с. 135–139.
17. Доронина, А. С., Амерханов И. М., Альхамова Г. К., Губер Н. Б., Асенова Б. К. Порядок проведения добровольной сертификации продукции в ЦРО — ДУМ РТ. Молодой ученый. 2013. № 11. с. 92–95.
18. Ребезов, М. Б., Мирошникова Е. П., Богатова О. В., Максимюк Н. Н., Хайруллин М. Ф., Лукин А. А., Зинина О. В., Залилов Р. В. Технохимический контроль и управление качеством производства мяса и мясопродуктов. Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2011. 107 с.
19. Ребезов, М. Б., Зыкова И. В., Белокаменская А. М., Ребезов Я. М. Контроль качества результата анализа при реализации методик фотоэлектрической фотометрии и инверсионной вольтамперометрии в исследовании проб пищевых продуктов на содержание мышьяка. Вестник Новгородского государственного университета имени Ярослава Мудрого. 2013. Т. 2. №71. с. 43–48.
20. Ребезов, М. Б., Белокаменская А. М., Зинина О. В., Наумова Н. Л., Максимюк Н. Н., Соловьева А. А., Солнцева А. А. Контроль качества результатов исследований продовольственного сырья и пищевых продуктов на содержание свинца. Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2012. Т. 2. № 1. с. 157–162.
21. Белокаменская, А. М., Ребезов М. Б., Мазаев А. Н., Ребезов Я. М., Максимюк Н. Н., Асенова Б. К. Исследование пищевых продуктов и продовольственного сырья на содержание ртути атомно-абсорбционным методом. Молодой ученый. 2013. № 10. с. 98–101.
22. Белокаменская, А. М., Ребезов М. Б., Максимюк Н. Н., Асенова Б. К. Исследование пищевых продуктов и продовольственного сырья на содержание йода методом инверсионной вольтамперометрии. Сборник научных трудов SWorld. 2013. Т. 40. №2. с. 3–7.
23. Белокаменская, А. М., Ребезов М. Б., Мухамеджанова Э. К. Подбор современного оборудования для определения токсичных элементов с целью обеспечения качества испытаний. Торгово-экономические проблемы регионального бизнес-пространства. 2013. № 1. с. 292–296.
24. Кожевникова, Е. Ю., Ребезов М. Б., Кожемякина А. Е., Нагибина В. В. Разработка мероприятий по предотвращению потерь (на примере торговой сети). Молодой ученый. 2013. №5. с. 317–321.

## Организация автомобильных перевозок мелких партий груза на предприятии молокозавода

Овсянникова Галина Леонидовна, кандидат экономических наук, доцент;

Шошин Дмитрий Александрович, студент

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса

*В работе рассмотрены вопросы по существующим проблемам при перевозке мелких партий груза, составление и расчет наиболее рациональных маршрутов, которые приводят к снижению холостого пробега, транспорта и позволяет сократить транспортные издержки на перевозимый груз.*

**Ключевые слова:** маршрутизация, мелкопартионные грузы, графы, матрицы, планирование маршрутов.

**П**роблемы при перевозке готовой продукции для предприятия заключается в отсутствии рассчитанного, составленного, рационального маршрута движения, с учетом всех факторов воздействующих на транспортный процесс.

Маленькие партии груза это сборные грузы, то есть по объему не превышающие тысячи килограмм, которые необходимо перевезти в одном направлении, но для разных получателей.

Планирование грузопотоков в транспортных системах основывается на определении рационального объема и направлении перевозок. Грузопоток представляет собой некоторое количество грузов, которые транспортируются в определенном направлении за установленный период времени [1, с. 5].

Если является необходимым перевезти груз, то здесь просто необходимым элементом является автотранспорт, его высокая мобильность и маневренность позволит с легкостью доставить груз в нужные сроки.

Для того, чтобы мелкие заказы доставить до потребителя чаще всего используется малотоннажный автомобиль — грузоподъемность данного авто от 1,5 до 3 тонн

При перевозке продукции до потребителей могут возникать следующие проблемы, а именно заторовые состояния, сложность транспортной системы города не всегда позволяет выбрать наиболее удобный маршрут, ограниченное количество времени при доставке и форс-мажорные обстоятельства.

Суть задачи маршрутизации мелких партий груза заключается в том, что необходимо построить оптимальные маршруты, при которых:

- загрузка транспортного средства не должна превышать его грузоподъемности;
- сума общего пробег транспортного средства по маршрутам должен быть наиболее минимальна;
- обеспечить наибольшую производительность подвижного состава на действующем маршруте;
- обеспечить минимизацию транспортных издержек.

Быстро и эффективно задачи выбора способов маршрутизации можно решить лишь с помощью математических методов. Например, по отношению к автомобиль-

ному транспорту методом линейного программирования можно:

- отыскивать оптимальное количество ездки автомобилей на маршрутах при установленном времени пребывания в наряде (задачи на минимизацию потерь рабочего времени);
- определять оптимальные варианты продвижения однородных грузопотоков от источников их генерации до пунктов назначения (задачи на минимизацию транспортных затрат);
- разрабатывать оптимальные стратегии по ориентации перевозчиков на определенную группу клиентов (на выделенный сегмент рынка логистических услуг). В этом поможет решение задач по минимизации нулевых пробегов;
- составлять рациональные маршруты работы подвижного состава с позиций увязки намечаемых ездки (задачи по минимизации холостых пробегов);
- выделять рациональные «развозочные» и «сборочные» маршруты (задачи на определение минимальных пробегов при объезде обусловленных грузопунктов);
- эффективно распределять транспортные и погрузочно-разгрузочные средства по маршрутам логистических цепей (задачи на максимальное использование рабочего времени автомобилей и рабочего времени погрузочно-разгрузочных механизмов.) [1, с. 7].

Основной целью проектирования маршрутов на предприятии молокозавода является сокращение затрат и обеспечение потребителей свежей продукцией.

Движение подвижного состава происходит по маршрутам. Маршрут движения — путь следования автомобиля при выполнении перевозок.

Маршруты движения могут быть двух типов:

- маятниковые, когда продукция развозится несколько раз одному и тому же потребителю
- кольцевые, когда продукция развозится нескольким потребителям за одну ездку.

Маршрутизация перевозок это наиболее эффективный способ организации оптимального продвижения грузопотоков по логистическим каналам и цепям. Основание рациональных маршрутов позволяет точно определить объемы перевозимых грузов в территориальном и вре-

менном разрезе, рассчитывать необходимое количество транспортных средств для обеспечения грузопотоков, добиваться значительного снижения простоев подвижного состава под погрузкой и разгрузкой [2, с. 123].

При расчете маршрутов используется математический метод для организации материалопотока. Применение математических методов и моделей в логистике необходимо в тех случаях, когда проблема сложна, и решить ее простейшим методом на основе опыта работы невозможно. В таких случаях необдуманное и не проанализированное решение может привести к серьезным последствиям.

Использование математического метода, позволяет логисту осуществить выбор наиболее близких к ним вариантов решений по определенным критериям и рассчитать наиболее рациональный маршрут для перевозки продукции [3, с. 22].

На этапе построения математической модели записываются в виде математических формул (функций, неравенств, уравнений и т.д.) соотношения между выделенными факторами, влияющие на решение проблемы.

При этом эти зависимости должны удовлетворять сформулированным гипотезам и известным свойствам исследуемого процесса. Сложность модели должна быть таковой, чтобы она поддавалась анализу и численному расчету и могла бы быть информационно обеспечена.

Поэтому на этом этапе возможны некоторые упрощения ситуации. Необходимо заботиться о том, чтобы эффект от дополнительной информации был большим по сравнению с затратами на ее получение. Чтобы правильно построить граф необходим специалист очень хорошо знающий движение в городе, и математика, имеющего опыт формализации различных зависимостей и связей между элементами систем.

Множество всех дорог города составляет дорожную сеть. В ней учитываются только те дороги, которые пригодны для движения по ширине проезжей части и качеству покрытия. Также специалист должен учитывать все воз-

можные зоны улично-дорожной-сети на наличие опасных участков. Модель такой сети может быть представлена в виде графа (рисунок 1).

Граф — это фигура, состоящая из точек вершин и отрезков, их соединяющих. Для составления графа используется картографический материал региона или населенного пункта, отражающий все существующие магистрали движения, улицы, проезды, а также организацию дорожного движения и существующие ограничения [4, с. 23]. Как видно из рисунка 1, часть ребер ориентирована по направлению. Такие ребра называются дугами. В зависимости от того, все или часть ребер имеют направление, граф является ориентированным или смешанным.

Для того, чтобы построить граф, необходимо построить кратчайшую сеть, связывающую все пункты без замкнутых контуров («минимальное дерево») рисунок 2.

Граф чаще всего является смешанным, так как в городских условиях на некоторых улицах установлено одностороннее движение. Для моделирования транспортной сети, прежде всего, необходим картографический материал. Граф должен быть достаточно подробным, отображать нынешнее состояние города (района).

На развозочном маршруте автомобиль загружается в одном пункте и развозит продукцию нескольким потребителям, обслужив потребителей, порожним возвращается в первоначальный пункт маршрута.

Сгруппировав пункты по маршрутам исходя из наиболее отдаленных потребителей, переходим к следующему этапу расчетов. Определяем рациональный порядок объезда пунктов каждого маршрута. Для этого строим таблицу-матрицу.

Начальный маршрут строим для трех пунктов матрицы, имеющих наибольшие размеры сумм, показанных в строке «сумма» (16,9; 16,6; 11,7), т.е. А, И и Ж. Для включения последующих пунктов выбираем из оставшихся пункт, имеющий наибольшую сумму, например, пункт Г (сумма 10,4), и решаем, между какими пунктами его сле-

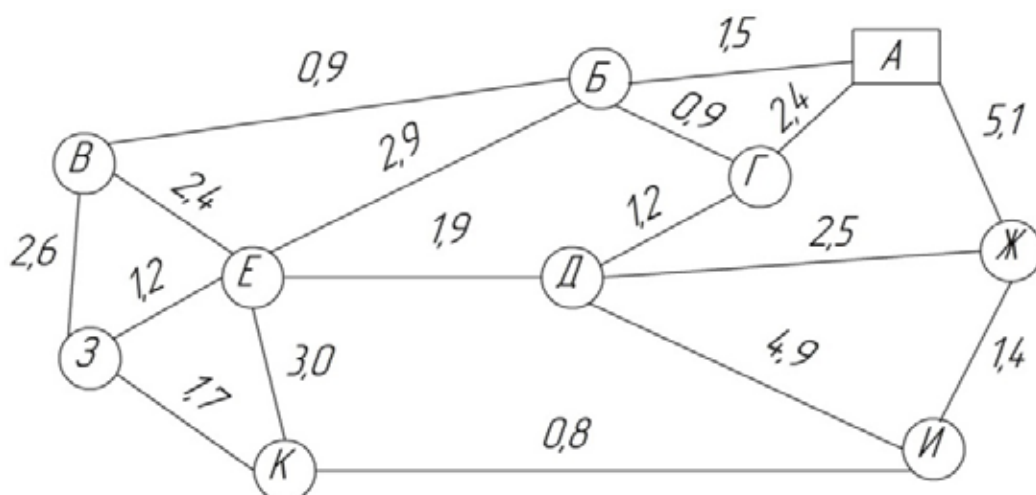


Рис. 1. Граф, модель транспортной сети



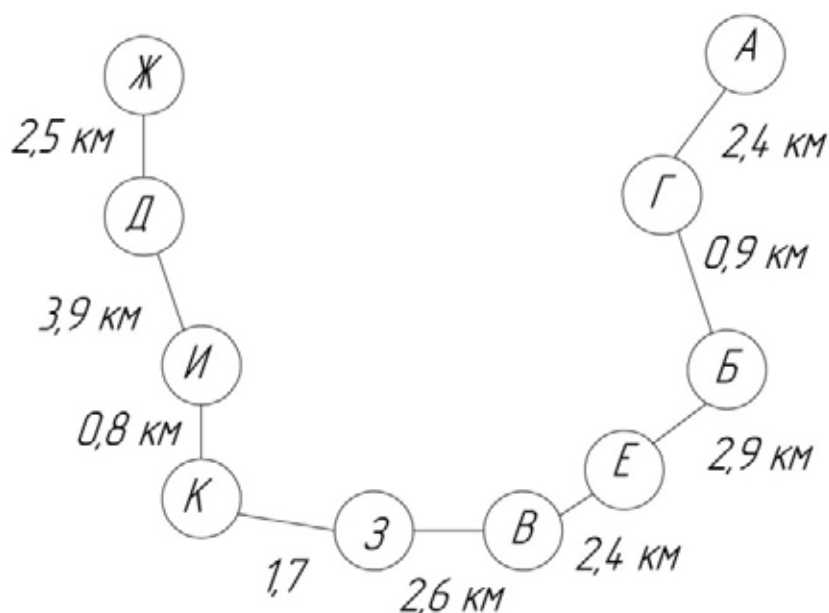


Рис. 2. Минимальное дерево

дует включать, т. е. между А и И, И и Ж или Ж и А. Чтобы это решить, для каждой пары пунктов необходимо найти размер приращения маршрута по формуле

$$\Delta_{kp} = C_{ki} + C_{ip} - C_{kp}, \quad (1)$$

где  $C$  — расстояние, км (табл. 3);  $i$  — индекс включаемого пункта;  $k$  — индекс первого пункта из пары;  $p$  — индекс второго пункта из пары [1, с. 17].

При включении пункта Г между первой парой пунктов А и И определяем размер приращения  $\Delta_{AI}$  при условии, что

$$i = Г; k = А; p = И.$$

$$\text{Тогда } \Delta_{AI} = C_{AG} + C_{GI} - C_{AI}.$$

Подставляем значения из таблицы 3, получаем, что;

$$\Delta_{AI} = 2,4 + 5,1 - 6,5 = 1,0 \text{ км}$$

Таблица 1. Группировка маршрута исходя из грузоподъемности автомобиля

Маршрут 1		Маршрут 2	
Обозначение	Объём завоза, кг	Обозначение	Объём завоза, кг
Г	120	К	260
Д	240	З	190
Ж	320	Е	240
И	320	В	210
		Б	100
Итого:	1000	Итого:	1000

Таблица 2. Матрица расстояний для маршрута 1

Номер строки в матрице	А	2,4	2,6	5,1	6,5
1	2,4	Г	0,2	2,7	5,1
2	2,6	1,2	Д	2,5	3,9
3	5,1	2,7	2,5	Ж	1,4
4	6,5	5,1	3,9	1,4	И
$\Sigma$	16,6	10,4	9,2	11,7	16,9

Таким же образом определяем приращение  $\Delta ИЖ$  (если пункт Г включить между пунктами И и Ж) и  $\Delta ЖА$ , если Г включить между пунктами Ж и А:

$$\Delta ИЖ = СИГ + СГЖ - СИЖ = 5,1 + 2,7 - 1,4 = 6,4 \text{ км},$$

$$\Delta ЖА = СЖГ + СГА - СЖА = 2,7 + 2,4 - 5,1 = 0 \text{ км},$$

Из полученных значений приращений ( $\Delta АИ = 1,0 \text{ км}$ ;  $\Delta ИЖ = 6,4 \text{ км}$  и  $\Delta ЖА = 0 \text{ км}$ ) выбираем минимальное, т. е.  $\Delta ЖА = 0$ . Следовательно, Г должно быть между пунктами А и И. Маршрут получает вид А — Г — И — Ж — А.

После чего для оставшегося пункта повторяем ход действий и производим расчет для оставшегося наименьшего пункта. Таким образом, после решения данных примеров вырисовываются маршруты, которые можно отобразить на графе, а после отражать на карту города.

На практике данный метод был применен на молокозаводе для построения рациональных маршрутов. Так как область развоза продукции определяется чертой города, то данный метод организации транспортного процесса мелких партий груза помог решить основную проблему, сокращение транспортных средств осуществляющих эти перевозки, что позволило сократить транспортные издержки на одну тонну перевезенного груза. Основной проблемой на предприятии являлся простой транспорта во второй половине дня, отсюда появилась еще одна проблема отсутствие свежей продукции на прилавках магазинов т. к. продукция развезенная в первой половине дня изготавливалась и маркировалась вчерашним днем то завод нес, убытки в этом плане. Для устранения

данной проблемы нами было принято решение, разработки рационального маршрута для перевозки во второй половине дня, этим мы исключили простой транспорта во второй половине дня, и возможность обеспечивать потребителей свежей продукцией выпущенной в первой половине дня. Данными мероприятиями мы усовершенствовали транспортный процесс на предприятии и повысили конкурентные преимущества завода, что привело к увеличению прибыли.

После расчетов получаются маршруты, рассчитанные математическим методом, которые готовы к применению на предприятии.

Научная новизна заключается в том, что:

— предложенная математическая система поиска выгодных маршрутов, отличающаяся совместным использованием стандартных математических приемов, позволяет делать четкий вывод, что позволяет находить оптимальные по критерию времени маршруты;

— позволяет не дожидаться полной загрузки автомобиля, а выполнять перевозку продукции по временным интервалам;

— сведение к использованию по минимуму грузовых транспортных средств.

Данная программа по расчету рациональных маршрутов имеет дальнейшие возможности и перспективы по расчетам наиболее сложных маршрутов с использованием большого количества автотранспорта и увеличению масштабов перевозок.

#### Литература:

1. Романова, Т.И. Логистика. Методические указания к практическому занятию. Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2009. — 22 с.
2. Неруш, Ю.М. Логистика: учеб. — 4-е изд-во Проспект., перераб. и доп. — М.: Т. К Велби, Проспект, 2006. — 520 с.
3. Неруш, Ю.М. Практикум по логистике: учебное пособие, ТК Велби, Проспект, 2008. — 452 с.
4. Пархоменко, В. И Транспортная логистика и транспортные средства: Конспект лекций, Павлодар, 2008. — 103 с.

## Макро- и микроэлементный состав мяса марала

Окусханова Элеонора Курметовна, магистрант;

Асенова Бахыткуль Кажкеновна, кандидат технических наук, профессор;  
Дюсембаев Сергазы Турлыбекович, доктор ветеринарных наук, профессор;

Есимбеков Жанибек Серикбекович, PhD-докторант  
Государственный университет имени Шакарима города Семей (Казахстан)

Ребезов Максим Борисович, доктор сельскохозяйственных наук, профессор  
Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет) (г. Челябинск)

*В статье приводятся результаты количественного анализа химических элементов в пробах мяса марала методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. Была проведена сравнительная характеристика микроэлементного состава мяса марала с другими видами мяса сельскохозяйственных животных (говядина, баранина, конина, мясо кролика и птицы). По результатам сравнения мясо марала богато кальцием — 77,2 мг/100г, что превышает в 8,5 раз чем в говядине и баранине, в 5,9 раз чем в ко-*

нине, в 4,8 раз чем в мясе птицы и в 3,8 раз чем в мясе кролика. Наблюдается пониженное содержание натрия, калия и фосфора.

**Ключевые слова:** марал, мясо марала, микроэлементы, масс-спектрометрия, мясопродукты.

**1. Введение.** В целях развития аграрного сектора экономики в 2011 г. в Республике Казахстан была разработана и утверждена отраслевая программа развития Агропромышленного комплекса «Агробизнес-2020», рассчитанная до 2020 г. В ней особое место отводится вопросам развития животноводческой отрасли и перевода ее в качественно новое состояние. Реализации инновационных проектов уделяется приоритетное значение [1–4].

Олени — жвачные, плотнорогие, парнокопытные животные мелких, средних и крупных размеров, стройного сложения, с относительно длинными ногами, длинной шеей и коротким хвостом. Один из подвидов благородного оленя — марал, обитающий в Алтае-Саянской горной области, на юго-востоке Казахстана и в Предбайкалье, представляет чрезвычайно большую ценность для человека в качестве поставщика фармакологического сырья и объекта промысловой и спортивной охоты.

Марал (*Cervus elaphus sibiricus* Severtzov) — самый крупный представитель благородных оленей в Евразии. В молодых рогах (пантах) марала содержатся вещества, используемые в медицине, которые оказывают тонизирующее действие, улучшая общее состояние больного или утомленного человека. Кроме пантов, лечебными свойствами обладают высушенные хвосты, сухожилия ног, пенисы и эмбрионы в возрасте 3–4 мес. Наконец, значительную ценность составляют мясо (до 200 кг с одного животного общей массой 300 кг), шкура, а также зрелые рога, используемые в качестве украшения.

Мясо маралов как представителей пантовых оленей обладает большой пищевой ценностью и относится к диетическим продуктам. Доброкачественное вареное или жареное мясо оленей имеет ароматный запах, обладает отличными вкусовыми качествами, что отмечают многие авторы [5]. Мясо маралов не только высококалорийный, диетический продукт, оно является ценнейшим источником витаминов, причем в мышечной ткани преобладают водорастворимые витамины. Количество жирорастворимых витаминов увеличивается с повышением упитанности животных [6]. Белки мяса имеют высокую биологическую ценность, не содержат лимитирующих аминокислот. Мясо отличается высоким содержанием лизина, лейцина, изолейцина.

По данным авторов [7], изучение аминокислотного состава показало высокое содержание триптофана в мясе — 1,37 и 1,11 г/100 г белка в мясе марала соответственно, что соотносится с высоким содержанием альбумино-глобулиновых фракция этого вида мяса. Аминокислотный состав мяса диких животных не уступает таковому традиционных животных, а по содержанию ряда аминокислот (треонин, триптофан, фенилаланин) превосходит его. Мясо обладает специфическим, выраженным запахом,

сладковатым, зачастую с привкусом металла ароматом, вследствие большого содержания железа. В формировании аромата мяса принимают участие аминокислоты серин, аспарагиновая кислота, глутаминовая кислота, низкомолекулярные и летучие жирные кислоты, среди которых уксусная кислота занимает ведущее место [8].

Целью данной работы является сравнительная оценка элементного состава мяса диких и сельскохозяйственных убойных животных (мясо марала, говядина, баранина, конина, мясо кролика и мясо птиц).

**2. Материалы и методы.** Отбор проб мяса производился на мараловодческих хозяйствах «Багратион», Восточно-Казахстанской области Республики Казахстан. Было отобрано 6 образцов проб мяса марала по 200 г. Пробы мяса транспортировались в лабораторию, где хранились при температуре (–18) — (–20)°С до проведения анализов. Навеска пробы мяса (1–2 г) высушивалась в течение 4 часов при температуре 400°С, затем озолялась при температуре 600°С 2 часа. Затем производят микроволновое разложение в течение 20 мин при  $t=180^{\circ}\text{C}$ . После микроволнового разложения пробы доводили до 10 мл раствором 1%  $\text{HNO}_3$ . Содержание макро- и микроэлементов определяли на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой «Varian ICP-MS 820» (Компания «Varian», Австралия). В качестве стандартных растворов использовали растворы Var-TS-MS, IV-ICPMS-71A (Компания «Inorganic Ventures», США). Прибор был прогрет около 30 мин после поджига плазмы и настроена чувствительность с помощью установочных растворов Var-TS-MS (Ba, Be, Ce, Co, V, Pb, Mg, Tl, Th), разбавленные до 10 мкг/л. Для калибровки масс-спектрометра используются три рабочих стандарта IV-ICPMS-71A содержащих по 10, 50 и 100 мкг/л всех элементов (Ag, Al, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, Rb, Se, Sr, V, Zn).

**3. Результаты и обсуждение.** Определение токсичных элементов является одним из важнейших показателей безопасности мясопродуктов [8–10]. Результаты исследований показали наличие макро- и микроэлементов в исследуемых пробах (таблица 1). Из проведенных исследований, следует что мясо маралов является поставщиком таких элементов как калий, натрий, магний, кобальт, железо, кальций, марганец, цинк и др. в организм человека. Кроме того, содержание токсичных элементов (свинец, кадмий) не превышают или находятся в пределах допустимых концентраций.

В таблице 2 приведен сравнительный анализ содержания минеральных веществ в мясе убойных животных (мясо марала, говядина, баранина, конина, мясо птицы и кролика).

Минеральные вещества являются ключевыми элементами в основных физиологических процессах.

Таблица 1. Результаты количественного определения химических элементов мяса марала, мг/кг

Элемент	Образцы проб						Ср. знач.
	1	2	3	4	5	6	
Железо	41,54±1,49	30,39±0,97	32,76±1,08	35,66±1,21	43,48±1,39	46,54±1,62	38,39±1,29
Кадмий	<0,005	<0,004	<0,004	<0,008	<0,006	<0,007	<0,005
Калий	1152,9±44,9	1127,2±42,8	1109,4±44,3	675,5±27,2	1043,3±37,5	1163,6±43,1	1045,3±39,9
Кальций	1063,5±41,5	527,5±18,9	574,1±23,0	627,7±23,8	931,8±31,7	912,2±34,7	772,8±28,9
Магний	231,97±8,11	221,35±7,97	235,02±9,63	154,34±4,93	242,88±8,26	258,89±8,02	224,07±7,82
Медь	1,32±0,05	1,13±0,04	0,95±0,03	0,69±0,03	1,93±0,06	2,37±0,07	1,40±0,05
Натрий	227,22±8,17	177,29±6,02	201,31±6,84	161,60±5,81	272,98±9,83	267,23±9,62	217,94±7,72
Свинец	<0,004	<0,003	<0,003	<0,016	<0,014	<0,007	<0,008
Фосфор	611,93±20,82	576,71±19,61	623,32±21,20	403,33±12,50	653,29±22,21	684,17±24,63	592,12±20,16
Цинк	30,30±0,97	30,70±1,17	31,60±1,10	20,62±0,70	32,39±1,10	34,64±1,12	30,04±1,03

Таблица 2. Сравнительная характеристика минерального состава мяса убойных животных, мг/100г

Мясо	Содержание, мг/100г					
	железо	натрий	калий	кальций	магний	фосфор
мясо марала	3,8	21,7	104,5	77,2	22,4	59,2
говядина	2,7	65	326	9	22	188
баранина	2,0	80	270	9	20	168
конина	3,1	50	370	13	23	185
мясо птицы (куры)	1,6	70	194	16	18	165
мясо кролика	3,3	57	335	20	25	190

Для оптимального функционирования организма человека в целом необходимо достаточное количество минералов. На основании полученных данных установлено, что по составу минеральных веществ мясо маралов не уступает другим видам мяса, а по некоторым макро- микроэлементам превосходят (кальций, железо). Кальций играет важную роль в функционировании мышечной ткани, миокарда, нервной системы, кожи и особенно костной ткани, а также участвует в обеспечении нормальной свертываемости крови [11]. Как видно из таблицы, мясо марала богато кальцием — 77,2 мг/100г, что превышает в 8,5 раз, чем в говядине и баранине, в 5,9 раз, чем в конине, в 4,8 раз чем в мясе птицы и в 3,8 раз чем в мясе кролика.

Железо — элемент, участвующий в образовании гемоглобина и некоторых ферментов. В гемоглобине крови, обеспечивающем перенос кислорода от легких

к тканям и органам, находится до 2/3 всего железа, содержащегося в организме [11]. В мясе марала преобладает железо 3,8 мг/100г продукта по сравнению с другими видами мяса: мясо птицы 1,6 мг/100г, баранина 2,0 мг/100г, говядина 2,7 мг/100г, конина 3,1 мг/100г и мясо кролика 3,3 мг/100 г. Содержание натрия составляет 21,7 мг/100г, калия 104,5 мг/100г и фосфора 59,2 мг/100 г. Концентрация данных элементов в мясе марала ниже, чем в других видах мяса.

Полученные нами результаты позволяют уточнить макро- и микроэлементный состав мяса марала, выращиваемых в условиях Восточно-Казахстанской области, которые необходимы для дальнейших исследований по разработке функциональных продуктов питания и прогнозирования их рецептуры в соответствии со сложившейся экологической ситуацией в регионе и требованиями нутрициологии.

#### Литература:

1. Губер, Н. Б., Ребезов М. Б., Топурия Г. М. Минимизация рисков при внедрении технологических инноваций в мясной промышленности (на примере Южного Урала). Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2014. Т. 8. №2. с. 180–188.
2. Губер, Н. Б., Ребезов М. Б., Асенова Б. К. Перспективные способы разработки мясных биопродуктов. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2014. Т. 2. № 1. с. 72–79.
3. Губер, Н. Б., Ребезов М. Б., Топурия Г. М. Инструменты снижения рисков при реализации инновационных проектов в сфере продуктов питания животного происхождения. Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. 2014. Т. 8. №1. с. 156–159.

4. Окушанова, Э.К., Асенова Б.К., Игенбаев А.К., Ребезов М.Б. Тенденции производства функциональных мясных продуктов. Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры: мат. всерос. научн.-метод. конф. с междунар. уч., 29–31 января 2014 г. Оренбургский гос. ун-т. Оренбург: ООО ИПК «Университет», 2014. с. 945–953.
5. М. Н. Смирнов, В. А. Тюрин, А. Н. Зырянов Марал (*Cervus elaphus sibiricus* Severtzov, 1873) в Красноярском крае: Распространение, ресурсы и их использование. Вестник КрасГАУ. 2012. № 8. с. 113–117
6. Охременко, В. А. Сравнительная характеристика мясной продуктивности и качества мяса представителей одомашненной и дикой популяции семейства оленевых: автореф. дис... канд. с.-х. наук. Барнаул, 2006. 19 с.
7. Цикин, С. С. Разработка технологии и оценка свойств натуральных замороженных полуфабрикатов из мяса диких животных и дичи: автореферат дис... кандидата технических наук: 05.18.15. Орел, 2012. 25 с.
8. Боган, В. И., Ребезов М. Б., Гайсина А. Р., Максимюк Н. Н., Асенова Б. К. Совершенствование методов контроля качества продовольственного сырья и пищевой продукции. Молодой ученый. 2013. № 10. с. 101–105.
9. Ребезов, М. Б., Белокаменская А. М., Максимюк Н. Н., Наумова Н. Л., Зинина О. В. Оценка методов инверсионной вольтамерометрии, атомно-абсорбционного и фотометрического анализа токсичных элементов в продовольственном сырье и пищевых продуктах. Челябинск: ИЦ ЮУрГУ, 2012. 94 с.
10. Белокаменская, А. М., Ребезов М. Б., Мухамеджанова Э. К. Подбор современного оборудования для определения токсичных элементов с целью обеспечения качества испытаний. Торгово-экономические проблемы регионального бизнес-пространства. 2013. № 1. с. 292–296.
11. Скальный, А. В. Основы здорового питания: пособие по общей нутрициологии/А. В. Скальный, И. А. Рудаков, С. В. Нотова, Т. И. Бурцева, В. В. Скальный, О. В. Баранова. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. 117 с.

## Создание трехмерной многогранной сети по вершинам в САПР AutoCAD

Омонов Кавмиддин Каримович, преподаватель;  
 Маматов Дилшод Кадиорович, преподаватель  
 Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)





Имеется возможность создания многоугольных сетчатых форм. Так как грани сети являются плоскими, представление криволинейных поверхностей производится путем их аппроксимации.

Моделирование объектов с помощью сетей применяется в случаях, когда можно игнорировать их физические свойства, такие как масса, объем, центр масс, момент инерции и т. п. (они сохраняются только в твердотельных моделях), но желательно иметь возможность подавления скрытых линий, раскрашивания и тонирования (эти средства неприменимы к каркасным моделям).

Сети применяются также для создания геометрии с необычными образцами сетей, например, 3D топологическая модель горной местности.

Способ отображения сети в САПР AutoCAD (каркасная или раскрашенная) определяется визуальным стилем (команда «Визуальные стили»).

Предусмотрено создание нескольких типов сетей.

- 3D грань.  3D-грань предназначена для построения плоской сети с тремя или четырьмя сторонами.
- Сеть соединения. Команда  -сеть соединения предназначена для построения многоугольной сети в виде линейчатой поверхности между двумя отрезками или кривыми.
- Сеть сдвига. С помощью команды  -сеть сдвига создается многоугольная сеть, представляющая собой поверхность сдвига, полученную при выдавливании отрезка или кривой (именуемой криволинейной траекторией) в определенном направлении и на определенное расстояние (именуемое направляющим вектором).
- Сеть вращения. С помощью команды  - сеть вращения создается многоугольная сеть, аппроксимирующая поверхность вращения путем вращения криволинейной траектории вокруг выбранной оси. Определяющие кривые могут представлять собой отрезки, круги, дуги, эллипсы, эллиптические дуги, полилинии, сплайны, замкнутые полилинии, многоугольники, замкнутые сплайны или кольца.
- Сеть, определенная кромкой. Команда  кромка строит многоугольную сеть, аппроксимирующую участок поверхности Кунса по четырем смыкающимся кромкам. Поверхность Кунса — это бикубическая поверхность, натянутая на четыре смыкающиеся кромки (пространственные кривые).
- Стандартная 3D сеть. С помощью команды 3D создаются трехмерные сетевые объекты распространенных геометрических форм, включая параллелепипеды, конусы, сферы, торы, клинья и пирамиды.



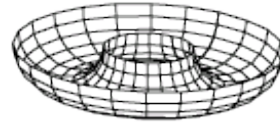
— Общие сети. -3D сеть и -3дгрань позволяют создавать трехмерные сетевые объекты любой формы.

**Построение сети:** Плотность сети регулирует количество ячеек и задается матрицей с вершинами  $M$  и  $N$ , подобно сетке, состоящей из рядов и столбцов. Для сети значения  $M$  и  $N$  определяют соответственно ряд и столбец каждой вершины.

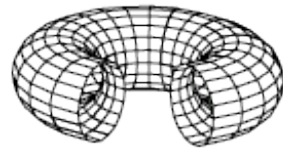
Сети могут быть разомкнутыми и замкнутыми. Сеть будет открыта в заданном направлении, если начальная и конечная кромки сети не соприкасаются, как показано на следующих иллюстрациях.



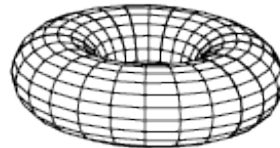
разомкнуто по  $M$   
разомкнуто по  $N$



замкнуто по  $M$   
разомкнуто по  $N$




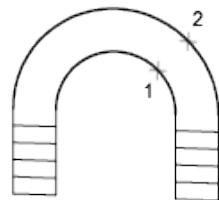
разомкнуто по  $M$   
замкнуто по  $N$



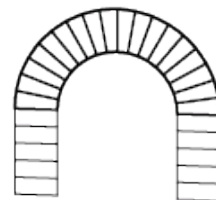
замкнуто по  $M$   
замкнуто по  $N$

Существует несколько способов построения сетей.


**Создание сети соединения:** Сеть, соединяющую два отрезка или кривые, строится с помощью команды -сеть соединения. Для определения кромок сети соединения можно использовать два различных объекта: отрезки, точки, дуги, круги, эллипсы, эллиптические дуги, 2D или 3D полилинии, а также сплайны. Оба объекта, используемые в качестве «границ» сети соединения, должны быть либо разомкнуты, либо замкнуты. Если один из объектов — точка, то второй может быть как разомкнутым, так и замкнутым.



выбор кривых

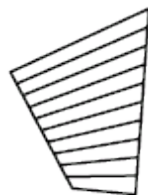


результат

При выполнении команды -сеть соединения для замкнутых кривых можно задавать две произвольные точки. В случае разомкнутых кривых построение сети соединения определяется выбором местоположения заданных точек на кривых.



точки указаны с одной стороны




результат



точки указаны с разных сторон



результат

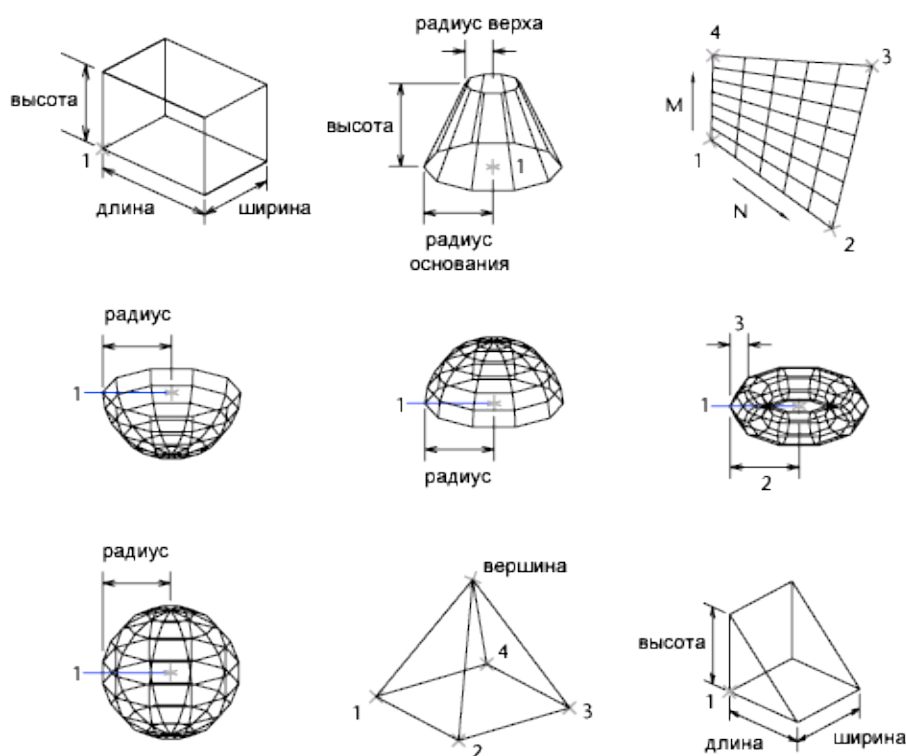
**Создание сети сдвига:** Сеть, представляющая общую поверхность сдвига, задаваемую криволинейной траекторией и направляющим вектором, строится командой -сеть сдвиг. Криволинейная траектория может представлять собой отрезок, дугу, круг, эллипс, эллиптическую дугу, 2D или 3D полилинию, а также сплайн. Осью вращения может быть отрезок или разомкнутая полилиния (как 2D, так и 3D). Сеть, построенная командой П-СДВИГ, представляет собой набор параллельных многоугольников, идущих вдоль указанной траектории. Как показано на следующих иллюстрациях, исходный объект и направляющий вектор должны существовать на чертеже к моменту вызова команды.



**Создание сети вращения:** Для построения сети вращения путем вращения контура объекта вокруг оси используется команда -сеть вращения. Команда -сеть вращения полезна для построения сетей с осевой симметрией.



Контур называется криволинейной траекторией, которая может представлять собой любую комбинацию отрезков, кругов, дуг, эллипсов, эллиптических дуг, полилиний, сплайнов, замкнутых полилиний, многоугольников, замкнутых сплайнов или колец.



Литература:

1. Рихсибаев, Т. Компьютерная графика. — Ташкент 2006.
2. Полещук, Н.Н., Савельева В.А. Самоучитель AutoCAD 2007. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006. — 624 с.
3. Журавлев, А.С. AutoCAD для конструкторов. Стандарты ЕСКД в AutoCAD 2009/2010/2011. Практические советы конструктора. — СПб.: Наука и техника, 2010. — 384 с.

## Influence of operation of stems combing on forces of coupling between stems

Petrachenko Dmytro Oleksandrovych, post-graduate student  
Lutsk National Technical University (Lutsk, Ukraine)

Dudukova Svitlana Volodymyrivna, junior research assistant  
Research Station of Bast Crops of the Institute of Agriculture of Northern-East of the National Academy of Agrarian Sciences (Hlukhiv, Ukraine)

*The question of lack of roll method of preparation of flax stems — coupling of stems in an apex and root part of layer is considered. Possibility of diminishing of forces of coupling is experimentally well-proven due to the use of operation of combing.*

**Key words:** fiber flax, flax stem, coupling, combing.

**Raising of the problem.** During fiber flax harvesting and flax stems preparation by modern technologies there is the considerable worsening of high-quality descriptions of raw material which reduces efficiency of processes of the subsequent processing substantially. Yes, in the layer of stems of flax stems there is such negative phenomenon as coupling of stems — forces co-operations between stems, which are conditioned the morphological structure of plants. Coupling of stems in an apex and root parts of layer has a direct influence on the process of thinning of layer and, accordingly, influences on the subsequent processes of crumpling and scutching. In particular, coupling of stems hinders the satisfactory separation of stems during thinning in a layer-forming machine, as a result — defect, bend, breaking of stems, accumulation, and breaks in a layer.

It results in diminishing of width of layer and increases authenticity of not hit of stems in the transporting conveyer of ribboner which draws a decline the percent of long fibre output. Therefore decline of influence of coupling of stems on the processes of preparation and tooling of layer of stems are important tasks which needs theoretical and experimental study.

**Analysis of the last researches and publications.** During preparation of layer of fiber flax stems there is the gradual thinning of raw material in a layer-forming machine, by separation of stems by toothed disks with the purpose of diminishing of thickness and mass of layer on unit of length [1].

For stems separation, it is necessary to attach force of  $P$ , which will overcome forces of friction between stems and forces of coupling between them, which are conditioned by their confusing and incurving [2]. Because of that we get, that separation of layer of stems will take place for terms:

$$P \geq a f g \rho \sum_{i=1}^n l_i y_i + P_c$$

where:  $a$  — width of a layer;

$f$  — a coefficient of friction of sliding of a stem on a stem;

$g$  — an acceleration of the free falling;

$\rho$  — density;

$l$  — a length of an area of co-operation of stems;

$y$  — a thickness of layer;

$i$  — a number of area of co-operation of stems;

$P_c$  — a force of coupling between stems.

The necessity of appendix of force for overcoming of coupling between stems is explained yet that stems in a layer are not only out bowed but also twisted, case bound, contain a bulge and bulges. The values of  $l_i$  in inequality depend on length of stems and their mutual location, which is casual. Thus, the value of  $l_i$  has casual sizes, and as a result forces of coupling between stems also have casual sizes. Consequently, inequality from one side characterizes conformity to law of division of stems in the layer of raw material, and from the second — represents the casual phenomena in this process [2].

Character of co-operation of stems in the layer dills with the phenomenon of casual location and interlacing of stems at forming of ribbon in a field, rotation of it in the process of aging and forming from a ribbon roll a bale.

Coming from foregoing an important purpose in the process of forming of layer of stems before tooling is diminishing of forces of coupling between stems. To attain this purpose possibly due to a grant a layer of stems, that acts on treatment, additional mechanical actions — combing of apex and root parts of stems [3–4]. Contact of working organ of combing mechanism with the layer of stems will allow to reduce trusts forces of co-operation between stems, and also to give the stems of additional parallelness between them, that also is an important condition during treatment of raw material for the receipt of long fibre.

**Aim of investigation.** A quantitative estimation of influence of operation of combing of apex and root parts of stems layer on forces of coupling between stems.

**Results of investigation.**

Researches of the influence of operation of flax stems layer combing on forces of coupling between stems conducted thinning coming from the features of process. It is known that thinning of layer is made by toothed disks at successive increasing of their speeds and diminished proper teeth and cavities between them, which are accepted to name degrees of thinning. Thus the process of thinning is built so that thinning takes place gradually on each of degrees.

Coming from these reasons an experiment was built as follows (figure 1). Handful of flax stems, by mass of two hun-

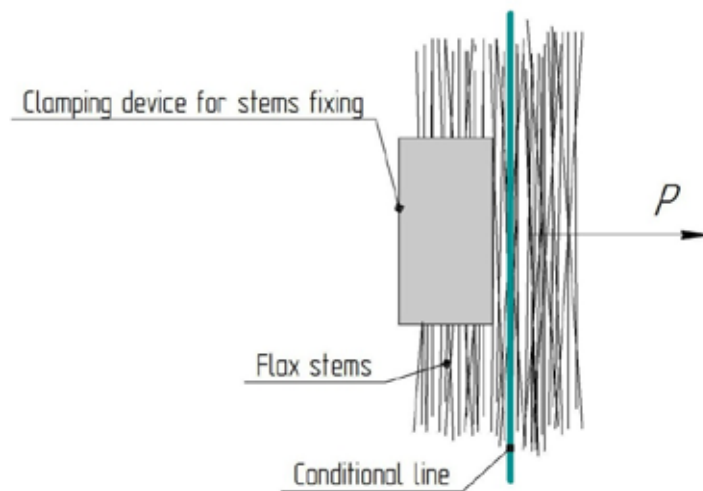


Fig. 1. The scheme of the experiment

dred gramme, is approximately divided a conditional line by two equal parts. One of parts was fixed in a clamping device, and the second part, for the lines of conditional division, by the appendix of force, drawn off, issuing thus feet of thinning. Thus, force which was put in order that the division of stems took place, was fixed by a dynamometer.

Determinations of force which must be attached for stems selection were conducted in two variants: without combing of flax stems and with the use of combing of apex and root parts of layer. Combing was carried out gradually from the ends of stems to the center by a slat on which the fastened needles were on. A calculation amount of combing is 6 times for each parts of layer. Results are presented on figure 2.

Information, presented on figure 2, shows that the operation of combing of layer of flax stems violates the coupling of stems and diminishes force which must be attached for stems separation. So for separation of stems in a layer of stems without the use of combing, it is necessary to attach force an

average of which is  $9,04 \pm 0,22$  N. At divorcing of stems after combing of apex and root parts of layer, force which is needed for separation of stems diminishes more than in 3 times and evened  $2,88 \pm 0,17$  N.

It is also necessary to note that the operation of combing is very important for the subsequent process of thinning of layer in a layer-forming machine. It is confirmed by data, which are presented in figure 3.

As we can see at the variant of the research without the use of combing (figure 3-a), valuable division of stems was not made. Coupling between stems in an apex and root parts of layer hinders the stretch of layer, and as a result stems are broken up and bend, forming a ring. Thus there is diminishing of width of the layer.

At the variant of research with the use of combing (figure 3-b), though there is a small bend of separate stems, however layer is divided satisfactorily, and the width of layer remains unchanging. This result proved the meaningfulness of flax stems combing operation during layer forming.

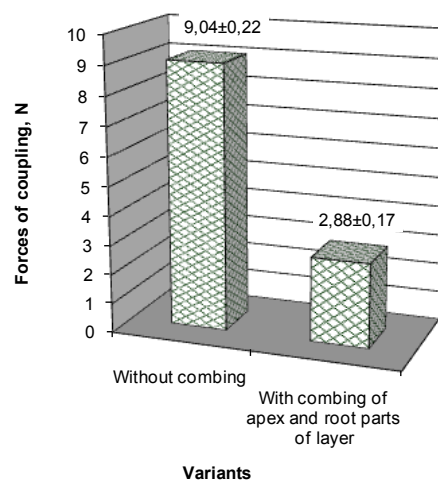


Fig. 2. Force, necessary for separation of stems in a flax stems layer

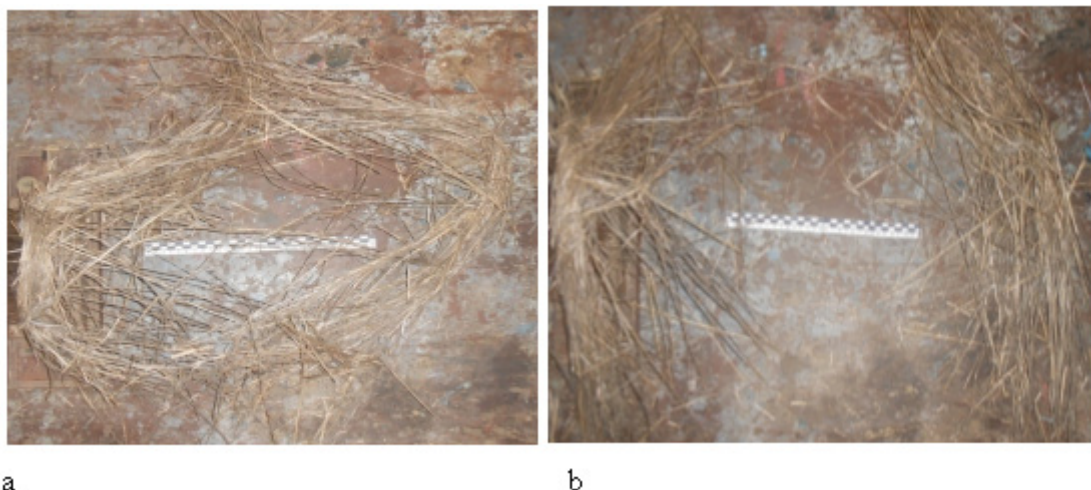


Fig. 3. Quality of stems separation: a — without combing; б — with combing

**Conclusions.** Although forces of coupling between stems are casual sizes, however it is possible to decrease their influence on the process of thinning of layer. By reserve herein the operation of combing can serve exactly.

Use of combing is violated coupling between stems, diminishes force, necessary for the division of stems in a layer, that allows to prepare much better and form a layer for tooling.

#### References:

1. Bobrovskaya I. E. Utonenie sloya lnotresty so stsplennymi po komliam I vershynam stebliami v sloeformeruyushey mashyne/I. E. Bobrovskaya // Mater. mezhd. nauch.-prakt. konf. «Nauchno-tehnicheskiy progress v selskihoziastvennom proizvodstve». T. 2. — Minsk: RUP «NPTS NAN Belarusi po mehanizatsii selskogo hozaistva», 2011. — S. 90–93.
2. Kovalev N. G. Selskohoziastvennyye materialy (vidy, sostav, svoystva)/N. G. Kovalev, G. A. Haylis, M/M/Kovalev. — M.: IK «Rodnik», 1998. — 208 s.
3. Ipatov A. M. Teoreticheskie osnovy mehanicheskoy obrabotki stebley lubianykh kultur/A. M. Ipatov. — M.: Legprombytizdat, 1989. — 144 s.
4. Markov V. V. Pervichnaya obrabotka lubianykh volokon/Markov V. V., Suslov N. N. Trifonov V. G.. — M.: Rostehizdat, 1961. — 463 s.

## Измерительная система неразрушающего теплового контроля двухслойных полимерно-металлических изделий

Попов Олег Николаевич, ассистент;  
Сычев Александр Александрович, студент;  
Хромый Кирилл Сергеевич, студент;  
Ярмизина Анастасия Юрьевна, студент  
Тамбовский государственный технический университет

Современные методы неразрушающего контроля (НК), позволяющие определять теплофизические свойства (ТФС) твердых материалов и температурные характеристики структурных переходов в полимерах, толщину покрытий на различных подложках, наиболее эффективно реализуются измерительными системами [1–3].

Известно применение измерительных систем (ИС), реализующих способы неразрушающего определения

ТФС материалов с применением импульсных линейных источников тепла и линейных источников тепла постоянной мощности [3, 4].

Известны ИС, реализующие контактный зондовый метод НК ТФС и НК структурных переходов в полимерных материалах (ПМ) по изменениям их ТФС с ростом температуры. Теплофизические свойства определяют по рабочим участкам термограмм, полученных при тепловом



воздействии на объект исследования от круглого источника тепла постоянной мощности в виде диска, встроенного в подложку измерительного зонда (ИЗ). По моделям плоского и сферического полупространств рассчитывают ТФС, а значение температуры перехода определяют по аномалиям ТФС на температурных зависимостях с помощью статистических критериев [4–7].

Известны ИС, реализующие методы НК, позволяющие определять толщину покрытий на различных подложках [8, 9].

Однако перечисленные варианты ИС представляют собой стационарные измерительные средства, предназначенные для функционирования в лабораториях.

Схема и описание портативной мобильной ИС, реализующей методы НК ТФС, НК толщины покрытий и НК качества двухслойных, представлены в настоящей работе.

Согласно измерительной схеме ИС тепловое воздействие на двухслойную полимерно-металлическую систему с равномерным начальным температурным распределением осуществляется с помощью нагревателя постоянной мощности, выполненного в виде тонкого диска радиусом  $R_H$ , встроенного в подложку ИЗ, выполненную из теплоизоляционного материала. Радиус измерительного зонда —  $R_{ИЗ}$  (рис. 1). Размеры подложки ИЗ и металлической пластины подобраны так, что их можно считать полуограниченными.

Исследуемое тело представляет собой конструкцию, состоящую из двух слоев: первый — низкотеплопроводный; второй — высокотеплопроводный. Толщина первого слоя —  $h_1$ , второго —  $h_2$ . Температура в точках контроля измеряется с помощью термоприёмников (ТП1, ТП2).

Измерительная система состоит из персонального компьютера (ПК), измерительно-управляющей платы,

усилителя сигналов (У), ИЗ, регулируемого блока питания (БУП) [6–9]. Структурная схема ИС представлена на рис. 2.

Мощность и длительность теплового воздействия на нагревателя (Н) задаются программно. Регулирующий сигнал поступает на вход операционного усилителя (ОУ), включенного по неинвертирующей схеме. Сигнал с выхода ОУ подается на базу силового транзистора. ОУ поддерживает на выходе блока питания напряжение, равное напряжению регулирующего сигнала.

Сигнал с ТП поступает на вход измерительно-управляющей платы E14–140-MD, при этом сигнал предварительно проходит через усилитель ZET 410 (У).

Плата E14–140-MD содержит следующие основные блоки.

1. ARM-контроллер (тип AT91SAM7S256) осуществляет не только управление E14–140-MD, но и поддерживает интерфейсы USB и отладочный JTAG.
2. Коммутатор (К) предназначен для коммутации сигналов с аналоговых входов.
3. АЦП LTC1416–14-ти битный АЦП последовательного приближения. Буфер АЦП, хранящий один 14 битный отсчет АЦП в формате 8 + 8 бит с расширенным знаком дополнительного кода.
4. Двухканальный ЦАП (16 бит) работает не только в асинхронном, но и в синхронном режиме (до 200 кГц), имеет большой рабочий выходной ток и нормированные характеристики при воспроизведении переменного напряжения.

Системное программное обеспечение (СПО) измерительной системы включает USB-драйвер измерительно-управляющей платы E14–140-MD, динамически подключаемую библиотеку *Lusbapi*. Для реализации алгоритмов контроля ТФС, температурно-временных ха-

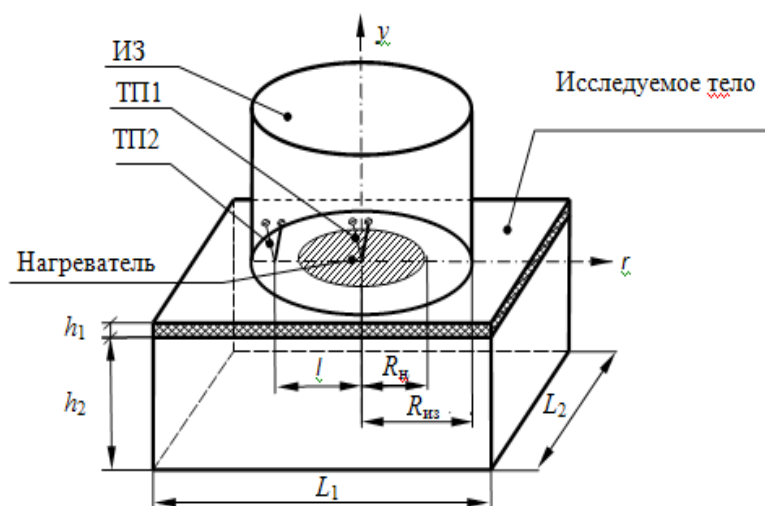


Рис. 1. Измерительная схема ИС

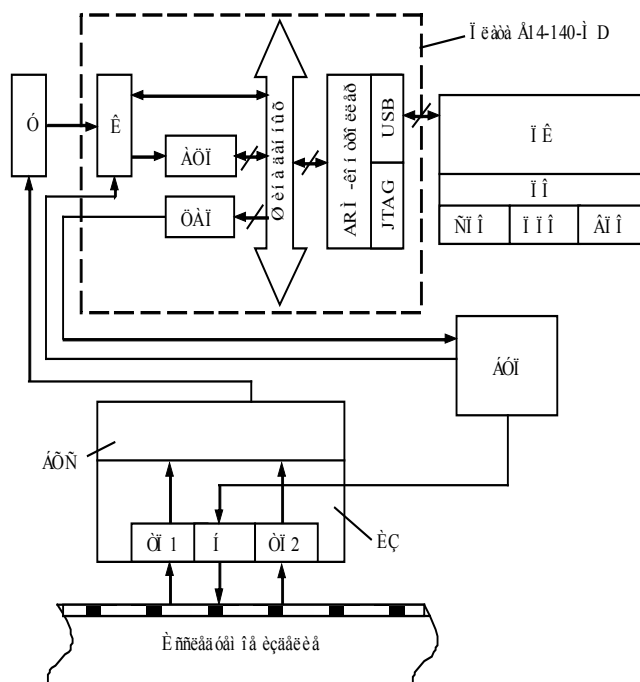


Рис. 2. Структурная схема измерительной системы

рактических характеристик структурных переходов в ПМ, толщины защитных покрытий, обнаружения дефектов двухслойных изделий, управления режимами эксперимента разработан комплекс программного обеспечения (ПО) для ПК. Данный комплекс составляет прикладное программное обеспечение (ППО) ИС. Вспомогательное программное обеспечение (ВПО) состоит из программ тестирования,

организации обработки и хранения измерительной информации на ПК.

Конструкция ИЗ представлена на рис. 3.

Зонд состоит из двух основных узлов: из ячейки 1 и корпуса 2. Ячейка, в свою очередь, состоит из основания 3, разъема 9. С контактной стороны ячейки на поверхности теплоизолятора 4 размещены микротермопары 6, сваренные встык. Нагреватель 5 изготовлен в виде диска.

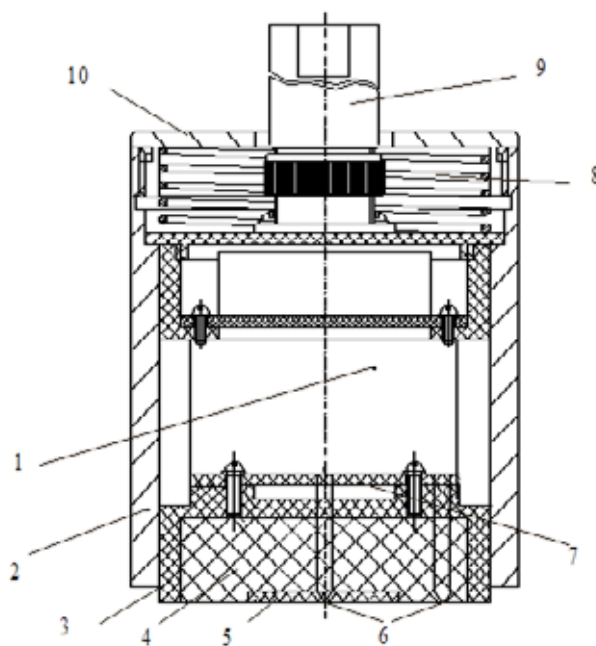


Рис. 3. Схема измерительного зонда

Разъем 9 предназначен для коммутации измерительного зонда с платой E14–140 — MD. Между ячейкой и крышкой 10 корпуса расположена пружина 8, которая обеспечивает одинаковое усилие прижима ячейки к поверхности исследуемого изделия, что обуславливает равенство контактных тепловых сопротивлений при каждом измерении. После выравнивания температуры исследуемого изделия и подложки зонда, через нагреватель в течение заданного времени протекает ток, что обеспечивает нагрев исследуемого изделия.

Разностные ЭДС, полученные на зажимах микротермопар 6, поступают в усилитель ZET 410, а усиленные сигналы — на вход платы.

Мобильный вариант измерительной системы реализует следующие тепловые методы неразрушающего контроля.

1. Метод определения теплофизических свойств твердых материалов.

2. Метод определения температурных характеристик структурных переходов в полимерах.

3. Метод контроля толщины полимерных покрытий на металлических подложках.

4. Метод контроля наличия дефектов (в виде частицы металла, воздушного или водяного включений) в двухслойных полимерно-металлических изделиях и др.

Измерительная система позволяет автоматизировать проведение измерений, адаптивно изменять режимные параметры, обеспечивать оперативность и точность измерений при сохранении целостности и эксплуатационных характеристик объектов исследования.

#### Литература:

1. Об одном методе термического анализа для неразрушающего контроля теплофизических свойств полимеров/Н. Ф. Майникова, Ю. Л. Муромцев, И. В. Рогов, А. А. Балашов // Пластические массы. 2001. №2. — с. 33.
2. Об одном методе исследования твердофазных переходов в полимерах./Н. Ф. Майникова, Ю. Л. Муромцев, Н. П. Жуков, А. А. Балашов // Пластические массы. 2002. №6. — с. 23.
3. Жуков, Н. П. Метод и измерительно-вычислительная система неразрушающего теплофизического контроля/Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова // Пластические массы. 2005. №2. — с. 39.
4. Моделирование процесса теплопереноса от импульсного линейного источника тепла при теплофизических измерениях/Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, Ю. Л. Муромцев, И. В. Рогов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2002. — Т. 8, №2. — с. 182–189.
5. Жуков, Н. П. Измерительно-вычислительная система неразрушающего теплофизического контроля/Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова // Приборы и техника эксперимента. 2005. №2. — с. 153–154.
6. Жуков, Н. П. Измерительно-вычислительная система неразрушающего контроля теплофизических свойств/Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова // Приборы и техника эксперимента. 2005. №4. — с. 164–166.
7. Майникова, Н. Ф. Измерительная система и метод неразрушающего контроля структурных превращений в полимерных материалах // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2006. №1 — с. 56–61.
8. Мищенко, С. В. Информационно-измерительная система неразрушающего теплового контроля/С. В. Мищенко, Н. Ф. Майникова // Приборы. 2009. №4. — с. 20–24.
9. Контроль качества полимерных покрытий/Е. В. Пудовкина, А. О. Антонов, Д. А. Лизунов, Н. Ф. Майникова // Успехи в химии и химической технологии. 2012. — Т. 26, №4 (133). — с. 77–79.

## Автоматизированная система для измерения теплопроводности материалов на базе прибора ИТ-3

Рожков Артём Валерьевич, аспирант;

Полунина Наталия Юрьевна, соискатель;

Рогов Иван Владимирович, кандидат технических наук, доцент

Тамбовский государственный технический университет

**П**овышение эффективности фундаментальных и прикладных научных исследований становится важным фактором ускорения научно-технического прогресса. Особое значение приобретает автоматизация научных исследований, позволяющая получать более точные и полные модели исследуемых объектов и явлений, снижать трудоемкость исследований, изучать

сложные тепловые процессы, исследование которых традиционными методами затруднительно или невозможно.

Современное развитие технических и программных средств создают условия для разработки автоматизированных систем для проведения теплофизических измерений.

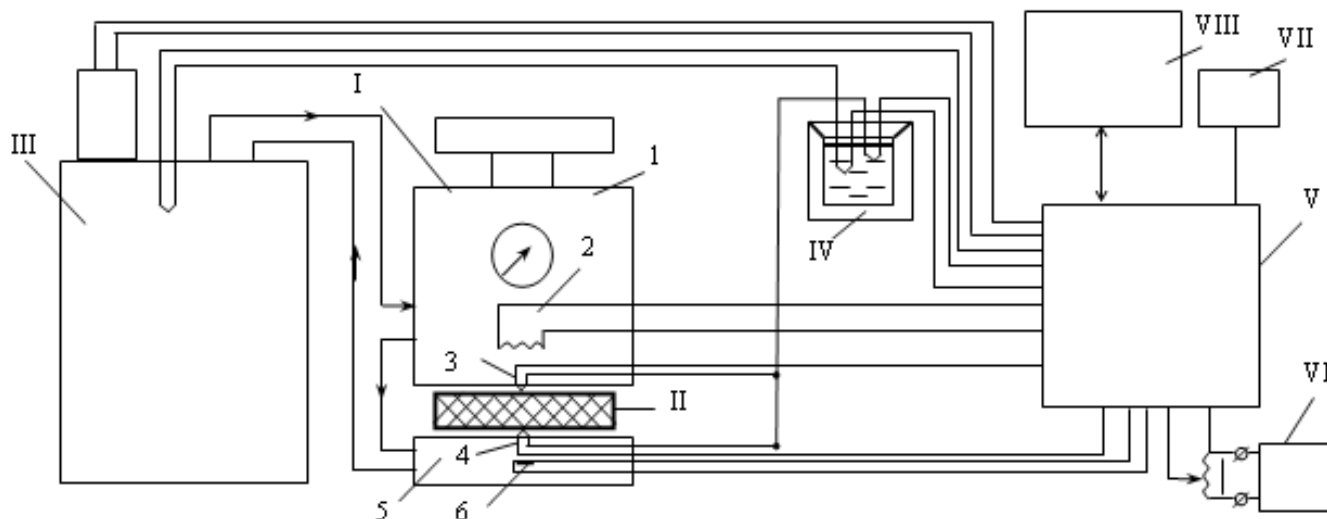


Рис. 1. Структурная схема автоматизированной системы: I — измерительная ячейка; II — образец испытуемый; III — термостат; IV — сосуд Дьюара; V — блок управления и измерений; VI — лабораторный автотрансформатор; VII — стабилизированный источник постоянного тока; 1 — механизм перемещения; 2 — электрический нагреватель; 3, 4 — термопары; 5 — холодильник; 6 — датчик теплового потока

На базе серийно выпускаемого прибора ИТ-3 разработана автоматизированная система (АС) для определения теплопроводности материалов [1].

Структурная схема АС для исследования теплопроводности твёрдых материалов представлена на рис. 1.

Основным элементом АС является измерительная ячейка I (прибор ИТ-3), предназначенная для измерения коэффициента теплопроводности широкого класса веществ и материалов, в том числе грубодисперсных, сыпучих, резин, в виде пластин и пакетов методом стационарного теплового режима [2].

Нагрев верхней поверхности испытуемого плоского образца II в виде диска осуществляется плоским электрическим нагревателем 2. Отвод тепла и поддержание постоянной температуры в системе термостатирования ячейки обеспечивается термостатом III. Измерение перепада температуры на образце осуществляется ленточными термопарами 3 и 4. Датчики температуры расположены в эластичных резиновых прокладках, исключающих появление контактных термических сопротивлений. Измерение теплового потока, проходящего через образец, осуществляется датчиком теплового потока 6, расположенным в верхней части холодильника 5. Для поддержания свободных спаев термопар при температуре 0°C используется сосуд Дьюара IV [3].

Механизм перемещения 1 позволяет вращением верхнего фланца поднимать или опускать подвижную внутреннюю вставку с нагревателем, обеспечивая возможность сначала вставить образец с прокладками, а потом плотно прижать весь пакет к охладителю [2].

Основным средством автоматизации системы является блок управления и измерений V, который включает в себя следующие модули:

1) управляющий модуль, обеспечивающий передачу данных между блоком управления и измерений и компьютером, управление измерительным модулем, модулем регулирования мощности на нагревателе и модулем регулирования температуры жидкости в термостате, а также обеспечивающий взаимодействие с программным обеспечением компьютера VIII;

2) измерительный модуль, предназначенный для аналого-цифрового преобразования сигналов с термопар, установленных в измерительной ячейке и термостате, а также сигнала с датчика теплового потока;

3) модуль управления нагревом образца, с помощью которого устанавливается закон изменения теплового потока через образец;

4) модуль управления термостатом, осуществляющий поддержание заданной температуры в термостате, а значит и температуры поверхности образца.

Стабилизированный источник постоянного тока VII предназначен для питания схем блока управления и измерений. С помощью лабораторного автотрансформатора VI осуществляется установка максимальной мощности на нагревателе ячейки [2].

Важной составляющей автоматизированной системы является разработка программного обеспечения. Программное обеспечение АС, реализующее процесс измерения и управления, включает две группы:

а) программное обеспечение для микропроцессорных подсистем блока управления и измерений;

б) программное обеспечение персонального компьютера VIII, к которому подключается блок управления и измерений через шину USB.

К микропроцессорным подсистемам блока управления и измерений относится плата на базе 32-разряд-

ного микроконтроллера и плата регулирования мощности на нагревателе измерительной ячейки на базе 8-разрядного микроконтроллера. Разработка и отладка программного обеспечения для микроконтроллеров производилась в специально разработанных интегрированных средах, поддерживающих язык программирования C/C++.

Разработка программного обеспечения для управления ходом эксперимента предполагает создание модулей, реализующих функции измерения в реальном времени, драйвера USB и средства отладки.

На рис. 2 приведен интерфейс программы регулирования мощности на нагревателе измерительной ячейки. Программа предназначена для настройки параметров работы АС, получения и обработки первичной измерительной информации, контроля за ходом эксперимента и расчета теплопроводности исследуемого материала.

Для корректной работы АС, перед началом эксперимента в программе необходимо задать следующие параметры:

- температуру холодных спаев термопар;
- толщину образца;
- значение порогового значения параметра недогрева, по которому будет определяться наступление стационарной стадии;

— температуру жидкости в термостате, которую необходимо поддерживать;

— мощность на нагревателе в процентах от максимальной (максимальная мощность задается с помощью лабораторного трансформатора (рис. 1)).

Программа позволяет реализовывать несколько режимов работы АС. Такая необходимость может возникнуть, если необходимо исследовать температурную зависимость теплопроводности образца. Программа самостоятельно переключается на другой режим, когда достигается стационарная стадия нагрева. На рисунке 2 показано два таких режима нагрева.

В программе отображается следующая измерительная информация:

- время эксперимента;
- количество измеренных значений;
- показания первичных датчиков (термо-э. д. с.) в мВ;
- рассчитанные значения перепада температур на образце ( $0^{\circ}\text{C}$ ), теплового потока ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ), значения температуры верхней и нижней поверхностей образца (в  $0^{\circ}\text{C}$ );
- рассчитываемые в процессе нагрева параметр недогрева до стационарной стадии образца;
- рассчитываемый коэффициент теплопроводности.

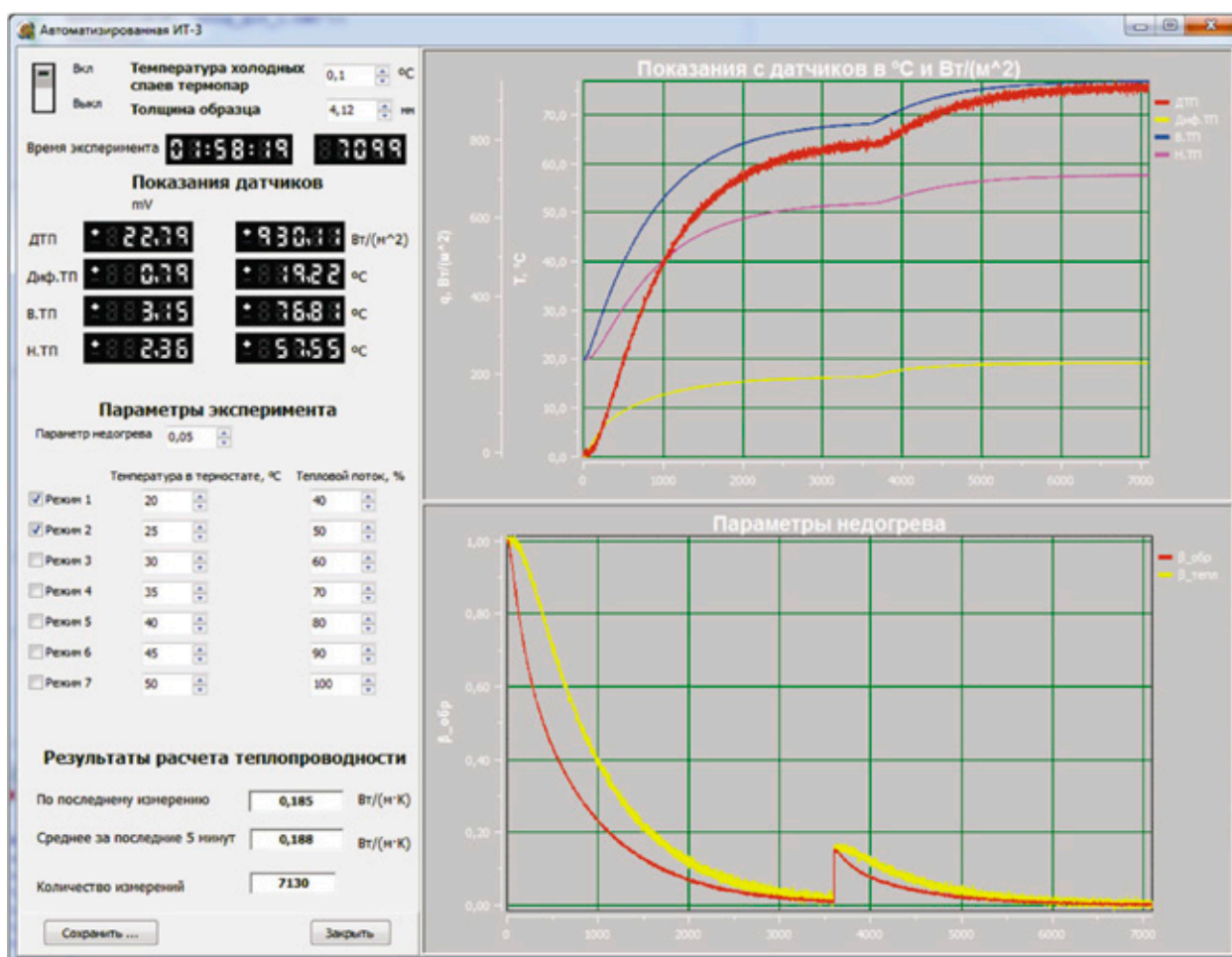


Рис. 2. Интерфейс программы управления ходом эксперимента



Программа позволяет сохранить результаты эксперимента на жесткий диск (или другой носитель информации) компьютера. Данная функция может быть полезна для более подробного изучения результатов опыта, а также для создания базы данных экспериментов.

Таким образом, разработанная на базе прибора ИТ-3 АС, реализующая метод стационарного теплового ре-

жима, позволяет определять теплопроводность различных материалов. Разработанный блок управления и измерений на микропроцессорной базе в совокупности с программным обеспечением дает возможность управлять ходом эксперимента, получать измерительную информацию и проводить расчеты теплопроводности исследуемого материала.

Литература:

1. Прибор для измерения теплопроводности твердых тел ИТ-3: паспорт ИТ-300.00.000ПС/Академия наук УССР, ин-т технической теплофизики. — Киев, 1980. — 23 с.
2. Мохов, Д. О. Исследование теплопроводности рапсового масла/Проблемы ноосферной безопасности и устойчивого развития, Сборник научных статей молодых ученых, аспирантов и студентов/ФГБОУ ВПО «ТГТУ». — Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2010. — Вып. I—С. 230—232.

## Виды периодического теплового воздействия в методах определения теплофизических свойств твердых материалов

Рожков Артем Валерьевич, аспирант  
Тамбовский государственный технический университет

*В работе рассматривается неразрушающий контроль теплофизических свойств твердых материалов с использованием периодического нагрева. Обоснованы два варианта задания теплового воздействия, подчиняющихся гармоническим законам изменения плотности теплового потока.*

**Ключевые слова:** неразрушающий контроль, периодический нагрев, тепловой анализ, теплофизические свойства, твердые материалы.

Одним из приоритетных направлений развития экономики страны является энергосбережение. Оно в 2...5 раз выгоднее, чем строительство новых мощностей по производству тепловой и электрической энергии [1]. Напрямую с энергосбережением связана разработка методов и средств определения комплекса теплофизических свойств (ТФС) материалов.

В случае неразрушающего контроля (НК) активными тепловыми методами искомые ТФС проявляются через температурный отклик (термограмму) исследуемого объекта на тепловое воздействие, которому он подвергается в специально организованном эксперименте [2, 3].

Тепловые воздействия постоянной мощности от плоского и от импульсного линейного нагревателя источников тепла широко используются в методах НК теплофизических свойств твердых материалов [4–7].

Метод периодического нагрева позволяет исследовать широкий класс явлений, проявляющихся в особенностях тепловых свойств веществ [8]. Моделирование теплопереноса в системе двух тел при гармоническом тепловом воздействии детально представлено в работе [9].

В данной работе рассмотрены два варианта задания теплового воздействия, подчиняющегося гармоническим законам изменения плотности теплового потока. Первый случай — тепловой поток содержит только периодическую составляющую. Во втором варианте тепловой поток содержит периодическую и постоянную составляющие.

**Первый случай.** На поверхность полуограниченного тела, которое представляет собой исследуемое изделие из твердого материала, действует тепловой источник, плотность теплового потока ( $q$ ) которого изменяется по гармоническому закону:

$$q = q_m \cos(\omega\tau) \quad (1)$$

Изменение температуры  $T_{\text{общ}}$  от времени  $\tau$  в любой точке может быть записано в виде:

$$T_{\text{общ}}(\tau) = T_{\text{пер}}(\tau) + T_{\text{нач}}(\tau), \quad (2)$$

где  $T_{\text{пер}}(\tau) = T_A \cos(\omega\tau + \varphi)$  — периодическая составляющая,  $T_{\text{нач}}(\tau)$  — монотонная, стремящаяся к нулю функция, зависящая от начальных условий,  $T_A$  — амплитуда изменения температуры.

Рассмотрим определенный интеграл за один период изменения  $T_{общ}$ .

$$\int_{\tau}^{\tau+\tau_{пер}} T_{общ}(\tau) d\tau = \int_{\tau}^{\tau+\tau_{пер}} T_{пер}(\tau) d\tau + \int_{\tau}^{\tau+\tau_{пер}} T_{нач}(\tau) d\tau \quad (3)$$

Здесь:  $\tau_{пер}$  — период гармонических колебаний. Значение интеграла  $\int_{\tau}^{\tau+\tau_{пер}} T_{пер}(\tau) d\tau$  будет равно нулю, т. к.  $\int_{\tau}^{\tau+\tau_{пер}} T_A \cos(\omega\tau + \varphi) d\tau = 0$ . Значение интеграла  $\int_{\tau}^{\tau+\tau_{пер}} T_{нач}(\tau) d\tau$  будет стремиться к нулю при  $\tau \rightarrow \infty$ , так как с течением времени влияние начального распределения температуры перестает проявляться.

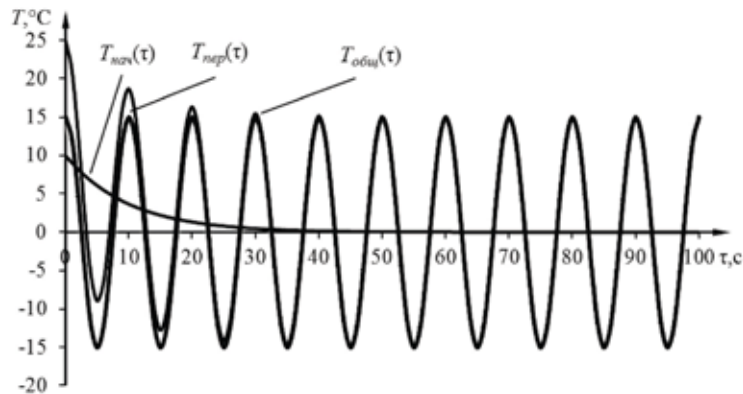


Рис. 1. Изменение температуры во времени для первого случая задания теплового воздействия

В реальном эксперименте значения температуры  $T_i$  измеряются через заданный промежуток времени  $\Delta\tau$ . В связи с этим значение интеграла  $\int_{\tau}^{\tau+\tau_{пер}} T_{общ}(\tau) d\tau$  рассчитываем численным способом по методу трапеций. Площадь под участком кривой за период

$$S_{общ} = \int_{\tau}^{\tau+\tau_{пер}} T_{нач}(\tau) d\tau \approx \sum_{i=j}^{j+k} \Delta\tau \frac{T_{i+1} + T_i}{2} \quad (4)$$

Здесь:  $j=1\dots, n - k$ ;  $n$  — число экспериментально полученных значений температуры,  $k$  — число экспериментальных значений температуры в периоде.

При  $S_{общ} = 0$  начальное распределение температуры перестает влиять на изменение температурного поля, т. е. система выходит на квазистационарный режим.

**Второй случай.** Для создания гармонического теплового воздействия предлагается использовать элемент Пельтье, который позволяет проводить эксперименты при температуре выше или ниже температуры термостатирования. В этом случае кроме периодической составляющей будет присутствовать постоянная составляющая теплового потока. Зависимость плотности теплового потока от времени будет иметь вид:  $q = q_0 + q_m \cos(\omega\tau)$ . В этом случае изменение температуры:

$$T_{общ}(\tau) = T_{пер}(\tau) + T_{нач}(\tau) + T_{q_0}(\tau), \quad (5)$$

где  $\int_{\tau}^{\tau+\tau_{пер}} T_A \cos(\omega\tau + \varphi) d\tau = 0$  — периодическая составляющая;  $T_{нач}(\tau)$  — монотонная, стремящаяся к нулю функция, зависящая от начальных условий,  $T_{q_0}(\tau)$  — монотонно изменяющаяся функция, зависящая от начального теплового потока  $q_0$ . Функция  $T_{q_0}(\tau)$  монотонно возрастает при  $q_0 > 0$  и монотонно убывает при  $q_0 < 0$ .

Рассмотрим определенный интеграл:

$$\int_{\tau}^{\tau+\tau_{пер}} T_{общ}(\tau) d\tau = \int_{\tau}^{\tau+\tau_{пер}} T_{пер}(\tau) d\tau + \int_{\tau}^{\tau+\tau_{пер}} T_{нач}(\tau) d\tau + \int_{\tau}^{\tau+\tau_{пер}} T_{q_0}(\tau) d\tau, \quad (6)$$

Значение интеграла  $\int_{\tau}^{\tau+\tau_{пер}} T_{пер}(\tau) d\tau$  будет равно нулю, т. к.  $\int_{\tau}^{\tau+\tau_{пер}} T_A \cos(\omega\tau + \varphi) d\tau = 0$ . Значение интеграла

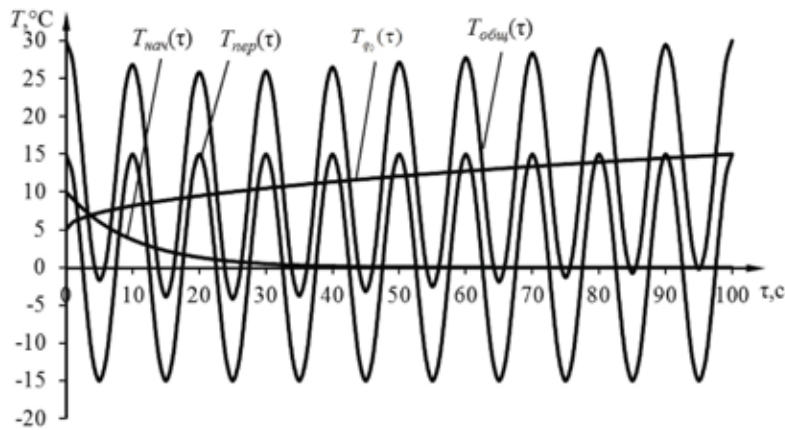


Рис. 2. Изменение температуры во времени для второго случая задания теплового воздействия

$\int_{\tau}^{\tau+\tau_{nep}} T_{нач}(\tau) d\tau$  будет стремиться к нулю при  $\tau \rightarrow \infty$ . Значение интеграла  $\int_{\tau}^{\tau+\tau_{nep}} T_{нач}(\tau) d\tau$  будет монотонно изменяться с течением времени, уменьшаясь или увеличиваясь в зависимости от знака  $q_0$ .

В соответствии с теоремой о среднем, если функция  $f(\tau)$  непрерывна на отрезке  $[c; p]$ , то на этом отрезке найдется хотя бы одна точка  $m$ , для которой справедливо равенство:

$$\int_c^p f(x) dx = f(m)(p - c). \tag{7}$$

Если изменение монотонно возрастающей или убывающей функции на отрезке  $[c; p]$  незначительно, то  $m \approx (c + p) / 2$ . Для нашего случая условием выполнения равенства будет  $\Delta T_{q_0} \ll T_A$ , где  $\Delta T_{q_0}$  — изменение  $T_{q_0}$  за период  $\tau_{nep}$ . Тогда в соответствии с уравнением (7) получим:

$$T_{q_0} \left( \tau + \frac{\tau_{nep}}{2} \right) = \frac{1}{\tau_{nep}} \int_{\tau}^{\tau+\tau_{nep}} T_{q_0}(\tau) d\tau. \tag{8}$$

В реальном эксперименте температура измеряется через заданный промежуток времени  $\Delta\tau$ . В связи с этим интеграл  $\int_{\tau}^{\tau+\tau_{nep}} T_{обш}(\tau) d\tau$  рассчитываем численным способом по методу трапеций:

$$\int_{\tau}^{\tau+\tau_{nep}} T_{обш}(\tau) d\tau \approx \sum_{i=j}^{j+k} \Delta\tau \frac{T_{i+1} + T_i}{2}, \tag{9}$$

где  $j=l, \dots, n-k$ ,  $n$  — число всех экспериментальных значений температуры,  $k$  — число экспериментальных значений температуры в периоде,  $l$  — номер точки, с которой начинается квазистационарная стадия и выполняется условие  $\Delta T_{q_0} \ll T_A$ .

Уравнение (8) примет вид:

$$T_{q_0} \left( \tau + \frac{\tau_{nep}}{2} \right) = \frac{1}{\tau_{nep}} \sum_{i=j}^{j+k} \Delta\tau \frac{T_{i+1} + T_i}{2}. \tag{10}$$

Для выделения периодической составляющей из  $T_{обш}(\tau)$  вычитаем  $T_{q_0}(\tau)$ . На начальном участке (до значения  $\tau_l$ ) не выполняется условие  $\Delta T_{q_0} \ll T_A$ , влияние начального распределения температуры существенно. Процедура нахождения квазистационарной стадии аналогична процедуре, рассмотренной в первом случае.

Таким образом, алгоритм определения периодической составляющей состоит из:

- построения зависимости  $T_{q_0}(\tau)$  в соответствии с выражением (9);
- вычитания из  $T_{обш}(\tau)$  зависимости  $T_{q_0}(\tau)$ ;
- определения начала квазистационарной стадии по условию  $S_{обш} = 0$ .

## Литература:

1. Рудобашта, С. П. Теплотехника — М.: КолосС, 2010. — 599 с.
2. Жуков, Н. П., Майникова Н. Ф. Многомодельные методы и средства не-разрушающего контроля теплофизических свойств твердых материалов и изделий. М.: Изд-во Машиностроение-1. 2004. 288 с.
3. Многомодельные методы в микропроцессорных системах неразрушающего контроля теплофизических характеристик материалов: учебное пособие/С. В. Мищенко, Ю. Л. Муромцев, Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, О. Н. Попов; под ред. С. В. Мищенко. — Тамбов: изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. — 112 с.
4. Моделирование процесса теплопереноса от плоского источника тепла постоянной мощности при теплофизических измерениях/Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова. — Инженерно-физический журнал, 2005. — Т. 78, №6, с. 5–63.
5. Определение условий адекватности модели распределения тепла в плоском полупространстве реальному процессу при теплофизическом контроле/Н. Ф. Майникова, Н. П. Жуков, А. А. Балашов, С. С. Никулин. — Вестник Тамбовского государственного технического университета, 2006. — Т. 12, №3–1. — с. 610–616.
6. Моделирование процесса теплопереноса от импульсного линейного источника тепла при теплофизических измерениях/Н. П. Жуков, Ю. Л. Муромцев, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, — Вестник Тамбовского государственного технического университета, 2002. — Т. 8, №2. — с. 182–189.
7. Теоретическое обоснование метода неразрушающего контроля теплофизических свойств материалов/Н. П. Жуков, Н. Ф. Майникова, И. В. Рогов, О. Н. Попов, — Вестник Тамбовского государственного технического университета, 2010. — Т. 16, №2. — с. 296–302.
8. Рожков, А. В. Измерительная система для определения теплофизических свойств материалов методом периодического нагрева/Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития. Сборник научных статей молодых ученых, аспирантов и студентов/ФГБОУ ВПО «ТГТУ». — Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. — Вып. IV — с. 26–29.
9. Моделирование теплопереноса в системе двух тел при гармоническом тепловом воздействии/И. В. Рогов, Н. Ф. Майникова, С. В. Молодов, О. Н. Попов // Вестник Тамбовского государственного технического университета. — 2011. — Т. 17, №2. — с. 360–364.

## Способ переработки нефтяных шламов

Рустамов Элёр Самиевич, соискатель;

Бахриддинова Мохинур Алишеровна, студент

Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

В настоящее время перестройка структуры производства НПЗ направлена в сторону развития безотходных природоохранных технологий, приоритет в финансировании получают проекты, в соответствии с которыми минимизируется количество нефтеотходов, или они повторно и с выгодой используются.

Нефтяные шламы могут занимать огромные объемы и площади, например, только в НГДУ «Туймазанефть» АНК «БашНефть» ежегодно образуется около 8000 т нефтешламов, которые при отсутствии технологии их обезвреживания являются источниками загрязнения окружающей среды. При очистке только одного нефтяного резервуара объемом 5000 м<sup>3</sup> образуется около 200 м<sup>3</sup> нефтешлама.

Проблема ликвидации отходов, накопленных в результате деятельности предприятий нефтегазового комплекса, стоит сегодня достаточно остро, что в первую очередь связано с существенным ростом объемов производства. Разработка эффективных способов утилизации сделает воз-

можным превращение вредных для окружающей среды соединений в ценные и безопасные продукты.

Большинство проектов по утилизации подобных шламов не дают должного эффекта из-за неправильно подобранного оборудования, химических реагентов или незнания природы самих шламов.

Переработка нефтесодержащих отходов представляет собой сложную техническую и технологическую задачу обусловленную, прежде всего устойчивостью нефтяной эмульсии, значительным содержанием механических примесей, неоднородностью перерабатываемого сырья, и направлена на разделение его на углеводородную часть, воду и механические примеси. Водоэмульсионный слой с низким содержанием нефтепродуктов и механических примесей возможно перерабатывать как нефтеэмульсионный слой, также можно отводить его на очистные сооружения, подвергать термическому разложению, закачивать в нефтеносные слои.

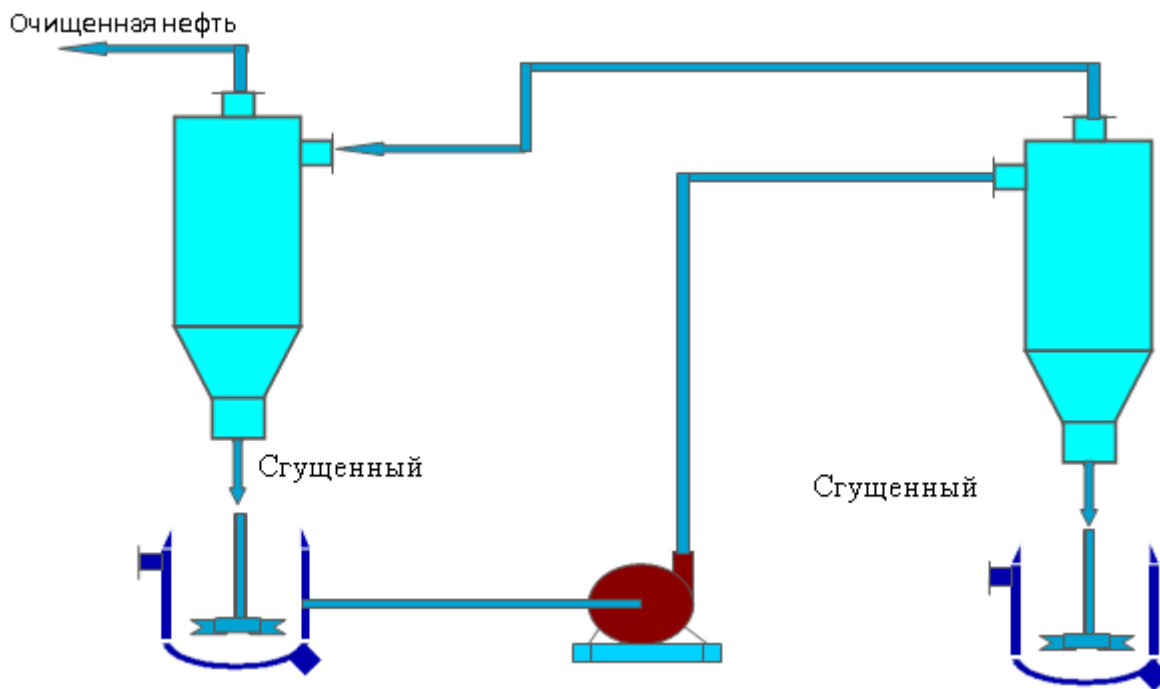


Рис. 1. Схема последовательного соединения гидроциклонов

Переработка осадочного слоя представляет собой сложную задачу, т. к. он содержит большое количество механических примесей, выделение нефтепродуктов из этого экономически нецелесообразно, к тому же необходимо достижение нормативных допустимых уровней содержания нефтепродуктов в обезвреженном грунте. К осадочному слою близки по свойствам нефтезагрязнённые грунты, образующиеся в результате аварийных разливов нефтепродуктов, а также твёрдая фаза, образующаяся при переработке нефтеэмульсионного слоя нефтешламов и требующая дополнительного обезвреживания.

Данный способ относится к нефтепереработке и может быть использован на нефтеперерабатывающих, нефтедобывающих предприятиях, а также на нефтяных базах. Нефтяной шлам изготовили путем его разбавления (при необходимости нефтью) с доведением содержания нефти в исходном шламе не менее 20 мас. %, подогрева шлама с помощью паровых нагревателей и одновременным прямым впрыском части пара и обеспечением гомогенности шлама путем принудительной его циркуляции. (Рис. 1.) Затем подготовленный шлам подаётся насосом в гидроциклонную установку, механически разделяется шлам на фазы различной плотности — нефтяную, водную и твердую с последующим отстоем нефтяной фазы и ее возвратом в сырьевые резервуары нефтеперерабатывающего предприятия для последующей переработки, а также отдельным удалением водной и твердой фаз. Для облегчения механического центробежного разделения нефтяного шлама на фазы различной плотности в нефтяной шлам в процессе его подготовки могут добавлять флокулянты.

В качестве флокулянтов могут использовать деэмульгаторы, причем добавление флокулянтов осуществляют с помощью дозирующих насосов.

Используются нефтяной шлам из прудов-накопителей или нефтяной шлам, образующийся в процессе механической очистки сточных нефтесодержащих вод, а также нефтяной шлам, образующийся в нефтяных резервуарах при их очистке.

Для подогрева нефтяного шлама в качестве части пара используются пар, получаемый в парогенераторах путем сжигания содержащегося в нефти попутного газа, выделяемого в процессе термической обработки нефти, или в результате термодеструктивных процессов, протекающих при переработке нефти или промежуточных продуктов, топливно-технологического газа, который подают в сеть с температурой преимущественно 50–70°C и давлением преимущественно 3–5 кг/см<sup>2</sup>. Перед сжиганием газ подогревают до температуры не ниже 100°C. Преимущественно 15–40% газа сжигают в парогенераторе, а 60–85% — в технологических установках. Технический результат заключается в сокращении энергоёмкости, снижении себестоимости выпускаемой продукции путем обеспечения возможности использования пара собственной выработки и снижении вредных выбросов в районе нефтеперерабатывающего предприятия и улучшении экологической обстановки в регионе.

Предлагаемая технологическая система позволяет работать со всеми видами нефтешламов, содержащих наряду с водой и твердыми частицами как легкие углеводороды («плавающий» нефтешлам), так и тяжелые углеводороды (донные осадки). Помимо утилизации шламов из прудов-



шламонакопителей, по заданию Заказчика система может быть рассчитана так же на утилизацию других видов загрязненных нефтью твердых продуктов, таких как «зама-

зученные» земли аварийных проливов нефти на рельеф и донные шламовые отложения резервуаров хранения сырой нефти.

#### Литература:

1. Переработка нефтяных и газоконденсатных шламов. Методология и результаты. М. Маркаров, А. Нуридинов. Сыктывкар. Экоальянс. 2000.
2. Бикчентаева, А.Г., Десяткин А.А., Ахметов А.Ф., Ахметшина М.Н. Разделение углеводородной эмульсии с водной дисперсной фазой путём добавления мазута // Наука и технология углеводородных дисперсных систем: Материалы II Международного симпозиума. — Уфа: Реактив, 2000. — Т. 2.-с. 93–94.
3. Ю.К. Молоканов. Процессы и аппараты нефтегазопереработки. Москва. Химия. 1980. — 407 с.
4. Гречко, А.В. Современные методы термической переработки твердых бытовых отходов.// Пром. энергетика. 2006. №9.

## Разработка комплексной технологии переработки нефтяных шламов — важнейшая задача

Рустамов Элёр Самиевич, соискатель;

Кудратова Ситора Кудратовна, студент

Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Нефтяная промышленность является одним из крупных источников загрязнения окружающей среды. Производственная деятельность нефтеперерабатывающих и нефтегазодобывающих предприятий неизбежно оказывает техногенное воздействие на объекты природной среды, поэтому вопросы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов имеют важное значение. Одним из наиболее опасных загрязнителей практически всех компонентов природной среды — поверхностных и подземных вод, почвенно-растительного покрова, атмосферного воздуха — являются нефтешламы. В соответствии с этим требуются неотложные меры по исправлению существующей экологической ситуации на предприятиях отрасли.

Известно, что при бурении скважин происходит сильное загрязнение почвы и воды буровыми шламами, содержащими углеводороды, тяжелые металлы, полимеры, а разлив нефти при ее добыче сопряжен с рядом негативных явлений, приводящих к разрушению почвы и «замазученности» огромных территорий.

Нефтяные шламы формируются в результате сброса в специальные амбары стойких эмульсий, отходов, образующихся в процессе подготовки нефти, продуктов зачистки резервуаров. Значительная часть отходов улавливается из канализационных линий, с площадок обслуживания оборудования, насосов, а также с мест аварий.

В настоящее время особенно остро стоит вопрос о ликвидации нефтешламных амбаров, образованных на нефтепромыслах фактически с самого начала разработки и эксплуатации месторождений нефти. Нефтяные

амбары сооружались для сброса в специально отведенные накопители или пруды минерализованных вод, нефтесодержащих отходов подготовки нефти, продуктов зачистки резервуаров, некондиционной нефти и других органикосо-держащих и минеральных отходов.

Проблема нефтешламных амбаров в различных нефтяных регионах страны сегодня решается по-разному, но налицо заметные практические результаты и достижения. Особенно это относится к сбору, переработке и утилизации верхнего нефтяного и водного слоев шламонакопителей. Остаётся пока нерешённой одна очень трудная проблема — это переработка, обезвреживание и утилизация донных отложений амбаров, непосредственно соприкасающихся с грунтом. Аналогичного вида и состава вторичные шламы в виде механических примесей (кека) образуются также после первичных процессов переработки верхних нефтяных слоев нефтешламных амбаров. Остаточное содержание нефтепродуктов в них достигает до 25%, эти отходы в дальнейшем не утилизируются и не обезвреживаются, а чаще направляются обратно в амбары.

Донные отложения нефтешламов содержат от 32 до 58% механических примесей, от 10 до 44% нефтепродуктов и от 20 до 40% воды. Это трудноразрушаемые эмульсии, упрочнённые механическими примесями. Используемые методы по их переработке, утилизации и обезвреживанию не эффективны, поэтому проблема сегодня не решена. При этом имеются множество технических трудностей при высокой затратности процессов. Исследований по утилизации органической части донных отложений проведено крайне мало.

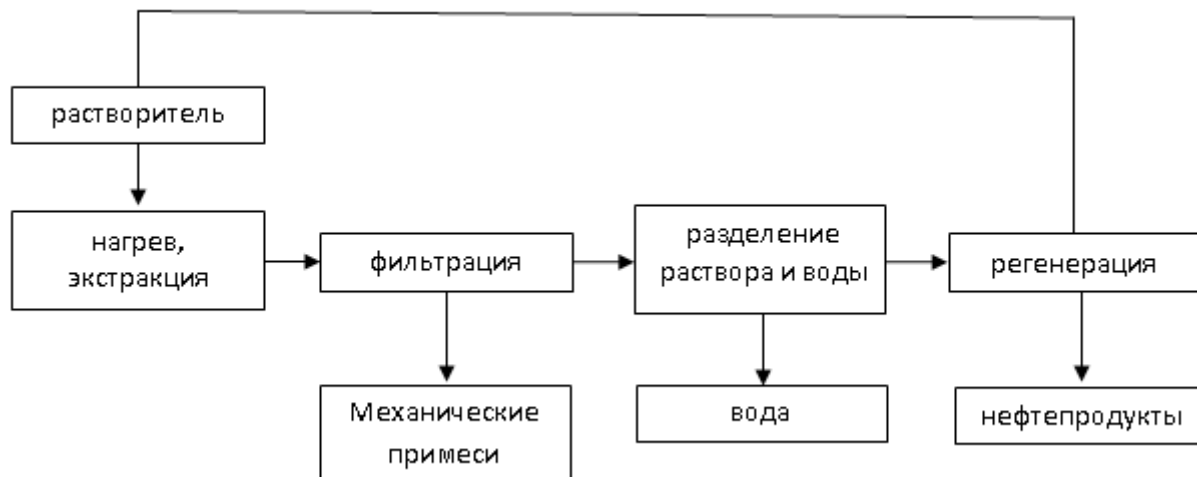


Рис. 1. Технологическая схема переработки нефтешламов методом экстракции

Создание высокопроизводительной технологии переработки донных отложений нефтешламовых амбаров позволит решить проблему их полной ликвидации с возвратом земель пользователю, уменьшит загрязнение окружающей среды и даст возможность рационально использовать органическое сырьё из отходов.

Переработки нефтешламов основанные на взаимном растворении полярных соединений (нефтепродукты и растворитель).

Сточная вода и твёрдая или полужидкая масса, насыщенная химреагентами и углеводородами, практически не утилизируются, хотя по токсичности являются более опасными для окружающей среды.

Поэтому только комплексная переработка и использование отходов в качестве вторичного сырья обеспечивают сохранение природных ресурсов. При этом резко снижается уровень загрязнения окружающей среды.

Разработка комплексной технологии утилизации нефтяных шламов требует исследования характеристик нефтешлама и физико-химических основ процесса и выдачи практических рекомендаций для технико-экономиче-

ского обоснования строительства опытно-промышленной установки утилизации нефтешламов. Поставлена задача разработки такого процесса, который, с одной стороны, удовлетворяет современным тенденциям создания высокоэффективных, экологически чистых технологий и, с другой, является экономически эффективным.

Физико-химические методы переработки нефтешламов — это экстракция, флотация и сбор нефтепродуктов барабанными сепараторами. Из физико-химических методов переработки нефтешламов широкое применение получили методы экстракции. Технологическая схема проведения переработки нефтешламов методом экстракции показана на рис. 1.

Происходит разделение твердой и жидкой фазы фильтрацией, последующее разделение полярных соединений и неполярных и регенерация растворителя

Для решения поставленной задачи необходимо определить причины и источники образования нефтешламов на НПЗ, произвести исследования по выявлению их количества и компонентного состава, производить анализ современных методов утилизации нефтешламов.

#### Литература:

1. Переработка нефтяных и газоконденсатных шламов. Методология и результаты. М. Маркаров, А. Нуридинов. Сыктывкар. Экоальянс. 2000.
2. Бикчентаева, А.Г., Десяткин А.А., Ахметов А.Ф., Ахметшина М.Н. Разделение углеводородной эмульсии с водной дисперсной фазой путём добавления мазута // Наука и технология углеводородных дисперсных систем: Материалы II Международного симпозиума. — Уфа: Реактив, 2000. — Т. 2.-с. 93–94.
3. Ю.К. Молоканов. Процессы и аппараты нефтегазопереработки. Москва. Химия. 1980. — 407 с.
4. Гречко, А.В. Современные методы термической переработки твердых бытовых отходов.// Пром. энергетика. 2006. №9.

## Целесообразность учета GI при рендере: анализ конкурсных работ молодых архитекторов и студентов

Сазанов Евгений Александрович, кандидат технических наук, доцент  
Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (г. Омск)

*В статье рассматривается целесообразность учета при рендере изображений проектируемых объектов на основе анализа конкурсных работ молодых архитекторов и студентов.*

**Ключевые слова:** рендер, Global Illumination (GI), архитектурный конкурс.

Участие в известных профессиональных конкурсах это всегда хороший стимул проявить себя для молодых архитекторов и студентов. Естественно участники стремятся представить свои материалы как можно в лучшем и проработанном виде, т.к. это может поспособствовать высокой оценке их проекта.

Создание для презентационных материалов реалистичных изображений похожих на фотографии — один из дорогостоящих вариантов представления архитектурного проекта на конкурс.

Фотореалистичность получаемого изображения во многом формируется за счет учета при рендере Global Illumination (GI). Учет GI дает возможность имитировать реальное освещение объектов в сцене.

Сегодня рендер с учетом GI доступен большинству пользователей. Рендер с учетом GI поддерживается почти всеми современными программами, а производительность «средних» компьютеров позволяет проводить рендер с учетом GI в разумное время.

Однако, конкурсные презентационные материалы не всегда готовятся в фотореалистичном качестве. Молодые архитекторы сознательно и (или) по «техническим» причинам подают проекты в другом стиле т.к. раскрытие идеи проекта вполне допустимо и в другом варианте — не фотореалистичном.

Презентационные материалы, представленные молодыми авторами на прошедших архитектурных конкурсах «Зодчество» (г. Москва), «Золотая капитель» (г. Новосибирск) с 2011 по 2013 годы, содержат различные по качеству и стилю изображения проектируемых объектов. При этом на одних четко распознается рендер с учетом GI, а на других напротив — учет GI при рендере явно отсутствует.

По характерным признакам отрендеренного изображения, можно вполне однозначно сделать вывод как выполнялся рендер: с учетом GI или без него. Но в случаях когда изображение после рендера подверглось существенной обработке в графическом редакторе, определить учитывалось ли GI при рендере уже сложно т.к. после этого характерные признаки как правило уже не заметны и потеряны.

Анализ содержания разделов «Архмолодежь» и «Творчество молодых архитекторов» конкурсов «Золотая капитель» и «Зодчество» соответственно показывает,

что представленные работы можно разделить на три основные группы, в зависимости от учета GI при рендере изображений проектируемых объектов. Первая группа — изображения с характерными признаками рендера с учетом GI. Вторая — изображения без явных признаков учета GI при рендере или его отсутствия. Третья — изображения полученные рендером без учета GI.

На рис. 1 показаны результаты проведенного анализа конкурсных материалов, находящихся в открытом доступе на сайтах соответствующих конкурсов.

Количество работ-участников конкурсов, в которых использованы изображения полученные с учетом GI во всех случаях наибольшее, и составляет от 41 до 57%. Количество работ, с использованием изображений полученных без учета GI при рендере, составляет от 23 до 29%. Материалы, без явных признаков учета GI при рендере или его отсутствия, составляют от 14 до 32%.

Исходя из этого, можно отметить, что на практике молодыми архитекторами для подготовки изображений представляемых объектов применяются различные методы рендера, как с учетом GI так и без его учета. Большая часть молодых архитекторов (примерно, половина от всего количества) пользуются рендерами с учетом GI и пытаются добиться фотореалистичного качества изображений. Другая менее весомая часть молодых архитекторов (примерно, четверть от всего количества) пользуется упрощенными способами рендера без учета GI. Изображения их проектов не претендуют на фотореализм, но их качество достаточно для передачи сути проекта.

В пользу какого рендера делается выбор зависит не только от наличия необходимых ресурсов или их отсутствия, но и от той задачи, которую молодой архитектор перед собой ставит. Не всегда рационально подробно разрабатывать 3D-модель и организовывать фотореалистичный рендер. В зависимости от конкретной ситуации, использование более простого рендера без учета GI возможно будет более рациональным и правильным.

Не зная на большую выигрышность и фотореализм презентационных материалов отрендеренных с учетом GI, конкурсные работы проиллюстрированные более простыми изображениями не теряют своей силы. По результатам конкурсов, награды присуждаются проектам представленным изображениями как в фотореалистичном стиле, так и в другой, более простой графике.



Рис. 1. Количество работ в зависимости от учета GI при рендере изображений: 1 — изображения с признаками учета GI при рендере; 2 — изображения без признаков учета GI при рендере или его отсутствия; 3 — изображения с признаками отсутствия учета GI при рендере

На рис. 2 представлены фрагменты презентационных материалов участников конкурса «Золотая капитель» 2012 и 2013 годов раздела «Архмолодежь». Несмотря на то, что одни объекты представлены изображениями полученными рендером с учетом GI (поз. 1, 2), а другой объект — изображением полученным без учета GI при рендере, все работы отмечены серебряными дипломами.

Не стоит забывать, что оценке в конкурсе подлежит в первую очередь идея проекта, а не качество его визуализации.

Хорошая визуализация — это только дополнительное преимущество, способствующее хорошему восприятию презентационных материалов.

Следовательно, рендер изображений с учетом GI не обязательное условие для качественного представления проекта, раскрывающего его идею. Но большинство молодых архитекторов участвующих в конкурсах все же используют рендер с учетом GI, что позволяет повысить фотореалистичность изображений.



Рис. 2. Изображения объектов-участников конкурса «Золотая капитель» 2012 и 2013 гг отмеченные серебряным дипломом: 1 — полученные с учетом GI при рендере (Терминал международного аэропорта «Стригино»); 2 — полученные с учетом GI при рендере (Зеленый квартал. Концепт-проект квартальной малоэтажной блокированной застройки); 3 — полученные без учета GI при рендере (Типовое жилое домостроение из объемных модулей)



Представление работ в более простом рендере без учета GI также успешно практикуется молодыми архитекторами, даже несмотря на то, что такие изображения менее убедительны для не специалиста в области архитектуры.

Таким образом, учет GI при рендере изображений проектируемых объектов целесообразен в случае представления материалов для широкой аудитории, поскольку

изображения фотокачества одинаково хорошо убедительны как для профессиональных архитекторов, так и для не специалистов в этой области. Использование же рендеров без учета GI целесообразно в случае представления материалов в среде профессиональных архитекторов, способных оценить архитектурную идею и менее качественных изображениях проекта.

## Оптимизация деятельности транспортно-логистической компании

Сорокин Дмитрий Сергеевич, студент;

Данилов Александр Максимович, доктор технических наук, профессор  
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

*Осуществляется параметрическая идентификация транспортно-логистической компании как системы массового обслуживания (многокритериальная система). Определяются основные характеристики процессов обслуживания, а также производится оценка качества функционирования всей обслуживающей системы. Приводится иллюстрация на примере системы с заданными параметрами.*

**Ключевые слова:** перевозка грузов, транспортно-логистическая компания, система массового обслуживания, многокритериальная оптимизация.

Организация функционирования обслуживающей системы одними качественными методами принципиально невозможно и требует применения количественных методов решения. Только количественные методы позволяют обоснованно судить о том, что данный способ организации лучше или хуже другого, что данная обслуживающая система справляется с обслуживанием лучше всех возможных и т. д. Во многих случаях оценка их деятельности может производиться методами, широко используемыми в теории систем массового обслуживания (отыскание основных характеристик процессов обслуживания; оценка качества функционирования всей обслуживающей системы; разработка математических методов и др.). Так, в задачах автосервиса такие методы используются для определения среднего числа машин, нуждающихся в ремонте в данный момент; установления числа автомашин, выходящих из строя за определенный промежуток времени (зависит от времени года, от состояния дорог в данном районе, от квалификации водителей, соблюдения графиков профилактических осмотров и ряда других случайных факторов). Поэтому необходимо знать их вероятностные характеристики [1...6]. Существенным является определение числа требований (несправных машин), которое может быть и очень большим. Поток требований, нуждающихся в обслуживании и поступающих в обслуживающую систему, рассматривается как входящий в систему поток; покидающий обслуживающую систему — как выходящий (требования, поступающие в обслуживающую систему, могут покидать ее и не обслуженными).

Аналогичные задачи возникают и при оценке деятельности транспортно-логистических компаний (оптимизация транспортных издержек; оптимизация маршрутов перевозки грузов; расчет транспортных расходов; организация и обеспечение доставки товаров, экономическое обоснование вариантов доставки, независимо от объема груза и др.), которые рассмотрим более подробно.

Так, пусть автотранспортная компания имеет в своем распоряжении 5 автомашин и обеспечивает круглосуточную срочную доставку грузов (при ограниченном числе заявок на доставку; отказ в обслуживании при количестве заявок >10 (максимальная длина очереди — 10; прием заявок прекращается пока не будет обслужена одна очередная заявка, и очередь уменьшится)). Поток заявок предполагается *простейшим*, среднее количество заявок в час  $\lambda = 1$ . Вероятность поступления ровно  $k$  заявок за время  $t$ :

$$V_k(t) = \frac{t^k}{k!} e^{-t}, k = 0, 1, 2, \dots$$

При показательном законе распределения *времени доставки груза* (время обслуживания; зависит: от того, где находится груз, куда его необходимо доставить, вида груза, времени суток, качества дороги и т. д.) параметр  $\lambda$  будет равен единице, если на удовлетворение одной заявки требуется один час.

Определим показатели работы компании (вероятность того, что все машины заняты; среднюю длину очереди и др.). Здесь требованием на обслуживание является заявка на доставку груза; обслуживающий аппарат — автомашина; обслуживание — доставка груза; число обслуживающих аппаратов системы (компании)  $n = 5$ , максимальная длина очереди  $m = 10$ ; наибольшее число заявок обслуживаемых и ожидающих обслуживания  $l = m + n = 15$ .



Вероятность того, что *все машины заняты*, есть

$$P = p_n \frac{1 - \left(\frac{\lambda}{nv}\right)^{m+1}}{1 - \frac{\lambda}{nv}};$$

$p_n$  — вероятность того, что занято точно  $n$  обслуживающих аппаратов при условии, что общее число требований, находящихся на обслуживании не превосходит числа обслуживающих аппаратов, определяется (при  $k = n$ ) в соответствии с

$$p_k = \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{v}\right)^k p_0, \quad 1 \leq k \leq n;$$

$\lambda$  — среднее число требований, поступающих в систему за единицу времени;

$\frac{1}{v}$  — среднее время обслуживания одной автомашиной одного требования;

$p_0$  — вероятность того, что все обслуживающие машины свободны,

$$p_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^{n-1} \frac{1}{k!} \left(\frac{\lambda}{v}\right)^k + \frac{1}{n! \left(1 - \frac{\lambda}{nv}\right)} \left(\frac{\lambda}{v}\right)^n \left[1 - \left(\frac{\lambda}{nv}\right)^{m+1}\right]};$$

$m$  — наибольшая допустимая длина очереди;

$n$  — число обслуживающих автомашин.

С учетом  $\lambda = v = 1$ ,  $n = 5$  получим

$$p_0 = \frac{1}{\sum_{k=0}^4 \frac{1}{k!} + \frac{1}{5! \left(1 - \frac{1}{5 \cdot 1}\right)} \left[1 - \left(\frac{1}{5 \cdot 1}\right)^{11}\right]} = 0,58;$$

$$p_5 = \frac{1}{5!} \left(\frac{1}{1}\right)^5 p_0 = \frac{p_0}{5!} = 0,0048.$$

Имеем

$$P = \frac{5}{4} \left(1 - (0,2)^{11}\right) p_5 = \frac{5}{4} \left(1 - (0,2)^{11}\right) \cdot 0,0048 = 0,0061;$$

вероятность полной загруженности компании мала.

Качество обслуживания определится средней длиной очереди (среднее число требований, ожидающих начало обслуживания)

$$M_1 = \sum_{k=n}^l (k - n) p_k = \frac{p_n}{\left(1 - \frac{\lambda}{nv}\right)^2} \left[ \frac{\lambda}{nv} - (m+1) \left(\frac{\lambda}{nv}\right)^{m+1} + m \left(\frac{\lambda}{nv}\right)^{m+2} \right] = 0,0015;$$

практически очереди не будет.

Таким образом, при выбранных значениях ( $n = 5$ ,  $\lambda = v = 1$ ,  $m = 10$ ) заказчик практически не получит отказа в обслуживании, однако и загрузка машин будет незначительна (задаваясь иными значениями  $n$ ,  $\lambda$ ,  $v$ ,  $m$ , можно скорректировать работу компании в необходимом направлении).

Литература:

1. Данилов, А. М., Гарькина И. А. Интерполяция, аппроксимация, оптимизация: анализ и синтез сложных систем: монография. — Пенза: ПГУАС. — 2014. — 168 с.

2. Данилов, А. М., Гарькина И. А., Домке Э. Р. Математическое и компьютерное моделирование сложных систем. — Пенза: ПГУАС. — 2011. — 296 с.
3. Данилов, А. М., Гарькина И. А. Теория вероятностей и математическая статистика с инженерными приложениями: учебное пособие. — Пенза: ПГУАС. — 2010. — 228 с.
4. Гарькина, И. А., Данилов А. М., Королев Е. В., Смирнов В. А. Преодоление неопределенностей целей в задачах многокритериальной оптимизации на примере разработки сверхтяжелых бетонов для защиты от радиации/Строительные материалы — Наука. — 2006. — №8. — с. 23–26.
5. Гарькина, И. А., Данилов А. М., Петренко В. О. Проблема многокритериальности при управлении качеством сложных систем/Мир транспорта и технологических машин. — 2013. — №2 (41). — с. 123–129.
6. Будылина, Е. А., Гарькина И. А., Данилов А. М., Махонин А. С. Основные принципы проектирования сложных технических систем в приложениях/Молодой ученый. — 2013. — №5. — с. 42–45.

## Композиты специального назначения: идентификация и управление качеством

Сухов Ярослав Игоревич, студент;

Гарькина Ирина Александровна, доктор технических наук, профессор

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

При разработке наукоемких методологий для начальных этапов поиска решений трудных, нестандартных практических задач, содержащих трудно формализуемые и высокие требования к качеству управления (оценивания, прогнозирования), основную роль играет системный подход (идентификация, математические и вычислительные проблемы управления, развитие информационно-вычислительной среды) [1...5].

Обычно конкретные математические и прикладные исследования часто опережаются и подсказываются интуицией, в том числе математической. Применение математического аппарата определяется степенью его разработанности и достаточности для отыскания решения практических проблем операциональных возможностей. При поиске решения практической проблемы иногда целесообразнее использовать непараметрические условия, чем параметрические. Абстрактность и отсутствие наглядности основных математических понятий (иногда сильно отличающихся от естественных для человека базисных понятий), требуют создания специальных возможностей перехода от явлений реального мира в виртуальный мир математической теории и обратно из виртуального — в объективную реальность (*идентификации*). Любая методология, естественно, содержит человеческий выбор в текущем процессе идентификации.

Поиск адекватного семейства математических моделей (альтернатив) для параметрической или непараметрической идентификации фактически является структурной идентификацией. К сожалению, пока нет четкого понимания терминов поиск и адекватность; нет общепризнанного толкования их смысла и детально разработанных трактовок. Поиск на предметно-содержательном (наглядном) уровне обычно осознается как сложная интеллектуальная деятельность с доминирующей ролью тех-

нологических и теоретических знаний, интуиции, здравого смысла и опыта субъекта идентификации (целостный наглядный образ реальных процессов выражается на языке выбранного метода идентификации). На концептуальном (объяснительном) уровне считается, что в процессе структурной идентификации существенную роль играют интуиция и жизненный опыт лица, принимающего решение. На уровне конкретного теоретического исследования основные интеллектуальные усилия направляются на структуризацию и абсолютную формализацию данного процесса. В рамках математического дисциплинарного образа наиболее важны теоретические исследования по разработке алгоритмов генерации и перебора структур (заданное семейство математических уравнений), выбор и оценка качества наилучшей структуры.

Не менее сложная ситуация связана со словом адекватность. В настоящее время содержанием математической теории структурной идентификации является математическое моделирование и исследование актуальных проблем локальных фрагментов без учета их реального контекста (их учет возможен при наличии отображения всего наглядного образа на дисциплинарный уровень при разработанных математических основах структурной идентификации). Структурная идентификация предполагает:

— математический выбор типа ковариационной матрицы выхода многомерной системы, порядков дискретных динамических моделей на основе ранговых критериев, типа модели нелинейного динамического объекта;

— оценивание достоверности результатов при использовании различных методов практической идентификации;

— переход от идеи к адекватной математической задаче;

— локальную и глобальную идентифицируемость типа модели в пространстве состояний;

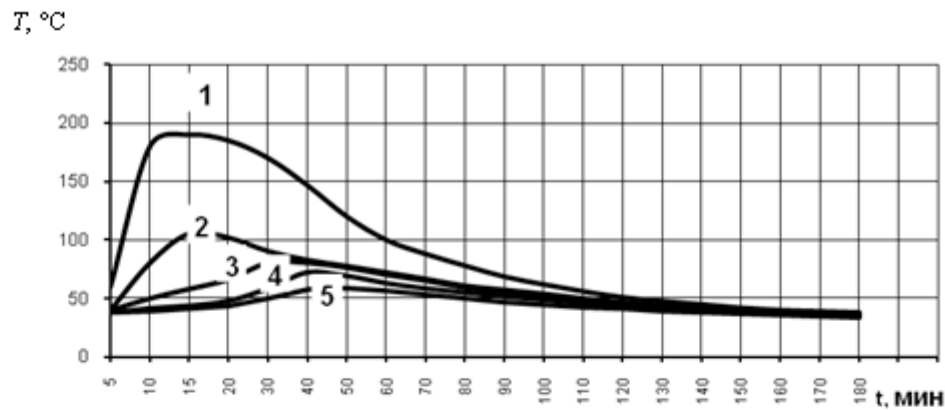
- автоматизацию процессов структурной и параметрической идентификации;
- математический выбор типа моделей нелинейной системы (из нескольких семейств нелинейных дифференциальных уравнений при различных входных процессах и воздействиях);
- многомерный статистический контроль технологического процесса по регрессионным остаткам и др.

Интуиция, жизненный опыт и здравый смысл, как уже отмечалось, признаются в качестве основных инструментов субъекта структурной идентификации (доминирование творческих способностей человека над ценностью современного теоретического знания).

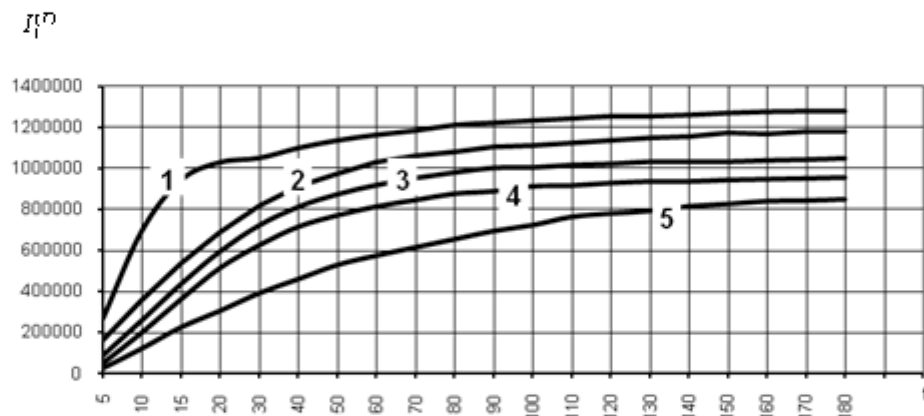
Допускаются различные типы структурной идентификации; основными ее этапами являются:

- разработка содержательной постановки практической задачи,

**а**



**б**



**в**

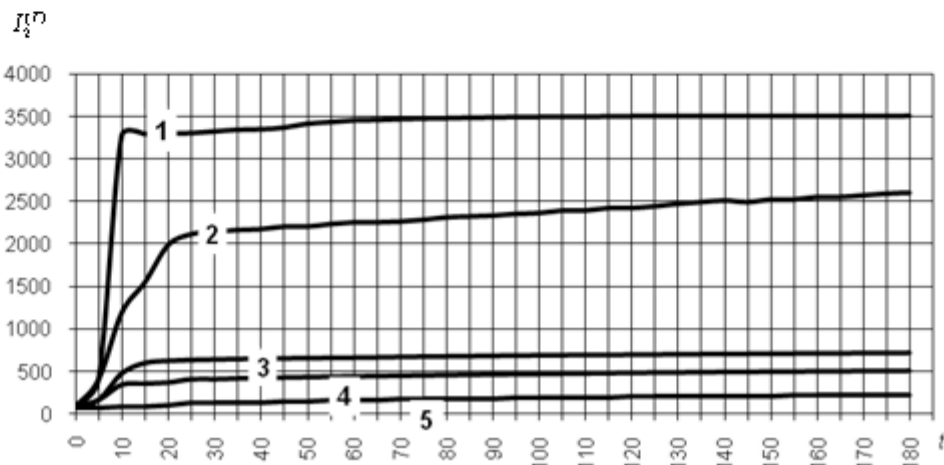


Рис. 1. Зависимость температуры саморазогрева при полимеризации эпоксидного композита,  $I_1^{(T)}$  и  $I_2^{(T)}$  от  $t$ , мин: 1 — незаполненная смола; 2 — П/Н = 1/5; 3 — П/Н = 1/10; 4 — П/Н = 1/15; 5 — П/Н = 1/20

- выбор математической задачи с заданными параметрами,
- поиск адекватных значений заданных параметров математической задачи,
- коррекция содержательной постановки практической задачи,
- предварительный выбор и алгоритмизация адекватной постановки,
- поиск решения пробной постановки практической задачи и др.

Таким образом, идентификация рассматривается как процесс получения знания для внедрения в практику методов математики.

В качестве иллюстрации рассмотрим приложения диаграммы и принцип Парето (начальные 20% определяют последующие 80% времени выхода контролируемого параметра на эксплуатационное значение) для управления качеством строительных материалов. А именно, формирования требуемых структуры и свойств эпоксидных композитов (ЭК) повышенной плотности для защиты от радиации (использовались отходы стекольной промышленности с большим содержанием свинца) [6,7].

Для случая скалярного управления  $y(t)$  при оптимизации (с точки зрения требуемых характеристик кинетических процессов формирования отдельных физико-механических характеристик (свойств) материала) использовался функционал

$$I = \int_0^T [\alpha y^2(t) + \beta \dot{y}^2(t)] dt$$

В частном случае при  $\alpha = 1, \beta = 0$

$$I = I_1 = \int_0^T y^2(t) dt$$

Литература:

1. Будылина, Е.А., Гарькина И.А., Данилов А.М. Моделирование с позиций управления в технических системах/Региональная архитектура и строительство. — 2013. — №2 (16). — с. 138–142.
2. Будылина, Е.А., Гарькина И.А., Данилов А.М., Махонин А.С. Основные принципы проектирования сложных технических систем в приложениях/Молодой ученый. — 2013. — №5. — с. 42–45.
3. Гарькина, И.А., Данилов А.М. Опыт разработки композиционных материалов: некоторые аспекты математического моделирования/Известия ВУЗов. Строительство. — 2013. — №8 (656). — с. 28–33.
4. Данилов, А.М., Гарькина И.А., Жегера К.В. Математическое программирование в управлении качеством материалов // Региональная архитектура и строительство. №1 (18), 2014. — С. 30–37
5. Гарькина, И.А., Данилов А.М., Прошин И.А. Опыт разработки материалов с позиций системного анализа/XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего (плюс) Серия: технические науки. Машиностроение и информационные технологии. — №12 (16). — 2013. с. 219–225.
6. Гарькина, И.А., Данилов А.М. Управление качеством материалов со специальными свойствами/Проблемы управления. — 2008. — №6. — с. 67–74.
7. Гарькина, И.А., Данилов А.М., Королев Е.В. Когнитивное моделирование при синтезе композиционных материалов как сложных систем/Известия вузов. Строительство. — 2009. — №3/4. — с. 30–37.

и оптимизация обеспечивает перевод объекта из начального в конечное состояние на промежутке  $[0, T]$  с *минимальной энергией* управления.

Учитывая, что управление структурой и свойствами материала осуществляется изменением соответствующих рецептурно-технологических параметров, естественным является подход к синтезу материалов как к задаче управления [6,7].

Обычно структура композита в большей степени зависит от скорости расхода *энергии*, чем от ее величины, сообщенной системе. В связи с этим наряду с  $I_1$  рассматривался функционал

$$I = I_2 = \int_0^t \dot{x}^2(t) dt$$

и *кумулятивная кривая*  $I_2(t)$ .

Как оказалось, для всех основных кинетических процессов  $x(t), t \in [0, T]$  выполняется условие

$$I(0,2T) \geq 0,8 I(T),$$

что подтверждает возможность использования принципа Парето при оценке формирования физико-механических характеристик материалов. А именно, структура и свойства материала на 80% определяются начальными 20% длительности выхода контролируемого параметра на эксплуатационное значение.

На рис. 1 приводится кинетический процесс  $x(t)$  и соответствующие кумулятивные кривые тепловыделения (из сравнения кумулятивных кривых  $I_1(t)$  и  $I_2(t)$  следует, что при использовании диаграмм Парето необходимо исходить из функционала  $I_2$ ).

### Построение теней в перспективе

Тошев Илес Идибекович, преподаватель  
 Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Очилова Н. Т., преподаватель;  
 Солиева Н. Ш., преподаватель  
 Галаасинский колледж строительства и транспорта (г. Бухара, Узбекистан)

При построении теней на перспективных чертежах за источник света принимается солнце, которое по отношению к картине может занимать различные положения:

1. солнце расположено позади предмета и тень падает в сторону наблюдателя (рис. 1);
2. солнце расположено позади зрителя, тень падает в сторону линии горизонта от основания предмета (рис. 2);

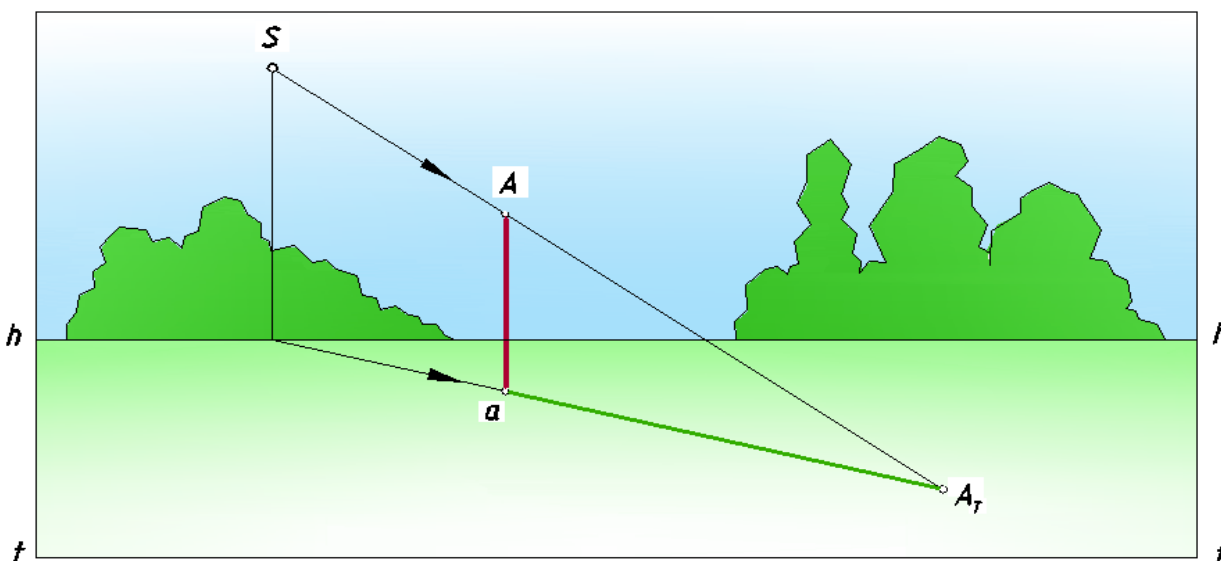


Рис. 1. Солнце позади предмета

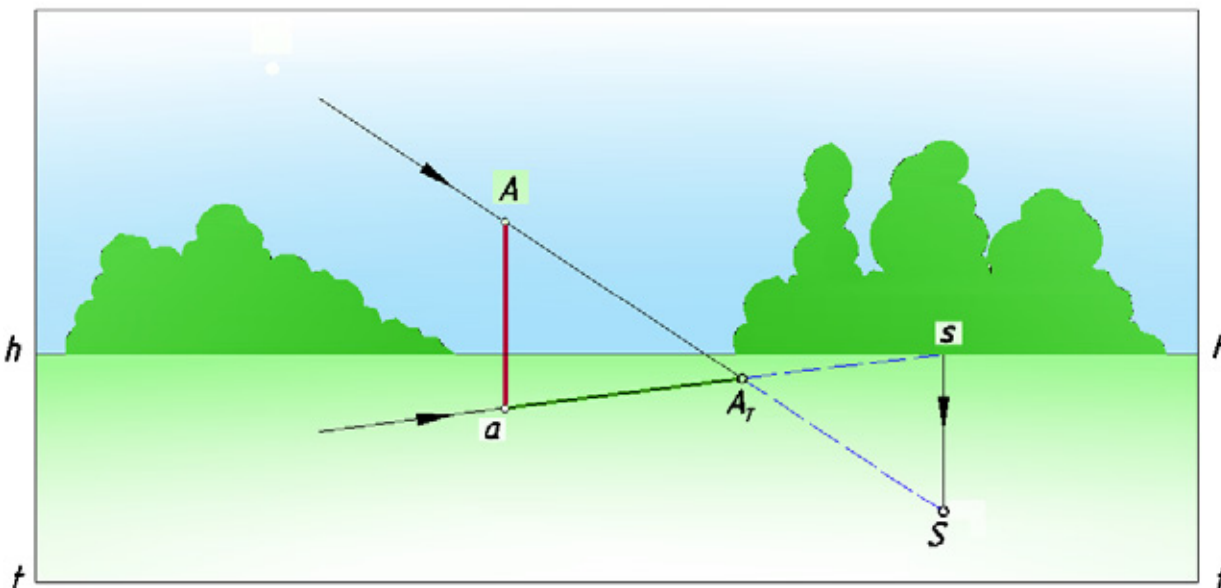


Рис. 2. Солнце позади зрителя



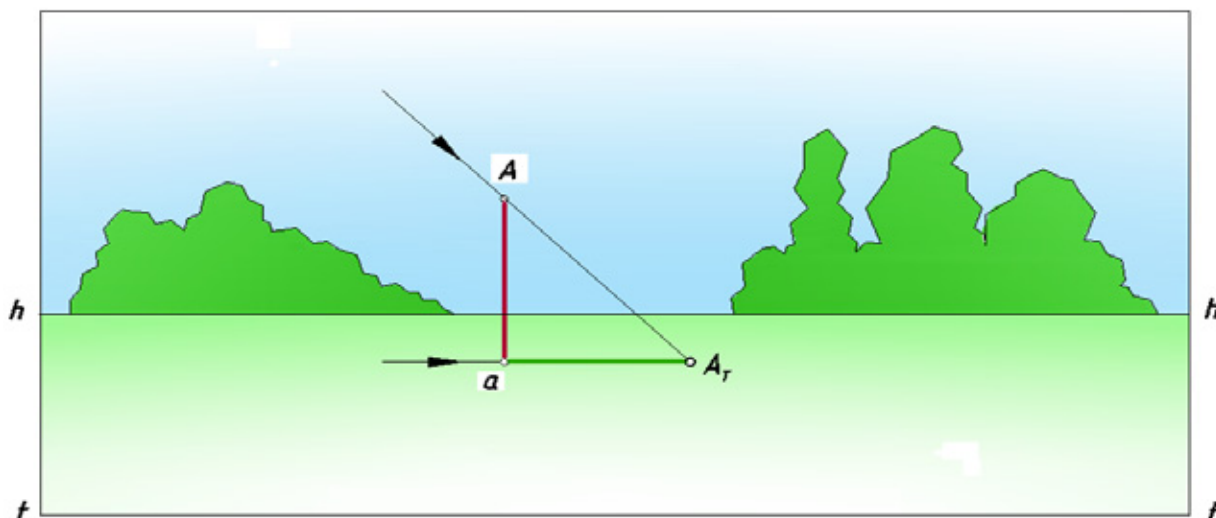


Рис. 3. Солнце сбоку предмета

3. солнце расположено сбоку так, что лучи идут параллельно картине (рис. 3).

Последний случай чаще других применяется инженерами при построении перспективных изображений зданий и сооружений, поэтому остановимся на нем более подробно.

Рассмотрим построение точки в перспективе. Будем считать, что объект освещается слева (или справа), лучи идут параллельно картине, составляя угол  $45^\circ$  с предметной плоскостью. Запишем эти условия символически:

1.  $S // K$ ;
2.  $S \wedge T = 45^\circ$ .

Проведем через точку  $A$  (рис. 4) перспективу луча, а через ее вторичную проекцию (точку  $a$ ) — вторичную проекцию луча. Поскольку луч параллелен картине, его вторичная проекция параллельна основанию картины  $t - t$ . Точка пересечения перспективы луча с его вторичной проекцией определит действительную тень точки  $A$  на земле — точку  $A_T$ .

Построим собственные и падающие тени параллелепипеда, стоящего на земле (рис. 5).

Заметим, что те выводы, которые были сформулированы ранее для построения теней в ортогональных проекциях, справедливы и для центральных.

Проанализируем освещенность граней параллелепипеда. При заданном направлении лучевого потока освещенными будут верхняя, левая видимая и невидимая на чертеже грани объекта. Остальные грани окажутся в собственной тени. Определим контур собственной тени данного тела. В его состав войдут ребра  $(12) - (23) - (34) - (45) - (56) - (61)$ , составляющие замкнутую цепочку в виде пространственной ломаной линии. От выявленного контура строим падающую тень. Поскольку точка 1 лежит на земле  $1 = 1_T$ . Проведем через точку 2 перспективу луча, а через ее вторичную проекцию (точку  $l$ ) — его вторичную проекцию. На пересечении этих линий находим точку  $2_T$ . Поскольку ребро  $[23]$  параллельно предметной плоскости, его падающая тень равна и параллельна ему. Точка схода ребра  $(23)$  находится на линии горизонта (точка  $F_l$ ). Соединяем точку  $2_T$  с этой точкой (т.е. проводим через нее прямую, параллельную

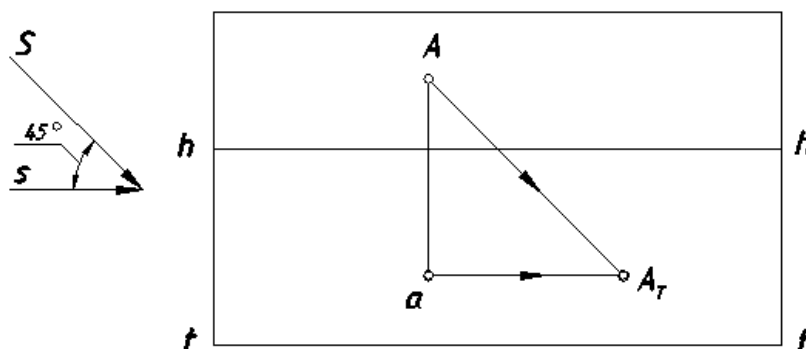


Рис. 4. Тень точки в перспективе

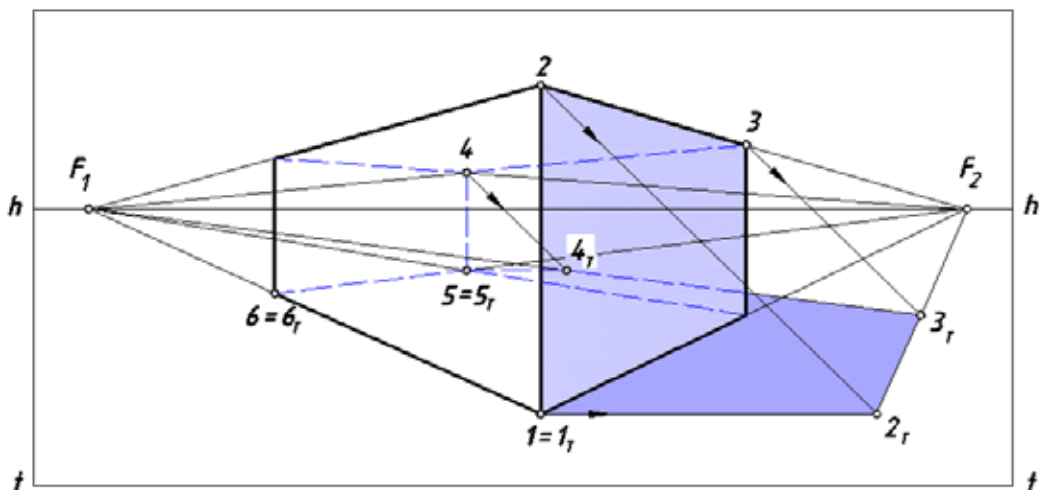


Рис. 5. Построение теней параллелепипеда

этому ребру). На этой же прямой находится тень точки 3. Проведем через точку 3 перспективу луча до пересечения с построенной прямой — определим точку  $3_T$ . Вторичную проекцию луча в этом случае строить не следует, поскольку искомая точка уже установлена пересечением двух линий. Ребро (34) также параллельно плоскости  $T$ , его тень параллельна ребру.

Точкой схода этих прямых — фокус  $F_T$ . Проведем перспективу луча через точку 4 до пересечения с отрезком ( $3_T F_T$ ), определим точку  $4_T$ . Точки 5 и 6 расположены на предметной плоскости  $T$ , поэтому  $5 = 5_T$  и  $6 = 6_T$ . Очертание контура падающей тени параллелепипеда состоит из совокупности отрезков ( $1_T 2_T$ ) — ( $2_T 3_T$ ) — ( $3_T 4_T$ ) — ( $4_T 5_T$ ) — ( $5_T 6_T$ ) — ( $3_T 4_T$ ), представляющих собой замкнутый контур.

**Задача**

Построить тени от прямых барьеров на лестнице, земле и стене

Вначале построим тени правого барьера (рис. 49). Поскольку при заданном направлении светового потока правая грань барьера находится в собственной тени легко

видеть, что ребра, находящиеся на границе света и тени войдут в состав контура собственной тени. Определим падающую тень вертикального ребра. Точка  $A$  принадлежит  $T$ , поэтому можно отметить, что  $A = A_T$ . Проведем через точку  $B$  перспективу луча, а через ее вторичную проекцию — точку  $A$  перспективу вторичной проекции луча. На пересечении построенных линий определим тень  $B_T$ . Другое ребро  $BC$  параллельно предметной плоскости, следовательно, его тень параллельна ребру и имеет ту же точку схода  $F_2$ . Реальная часть этой тени на земле — отрезок  $B_T I_T$ . Поскольку точка  $I_T$  находится на границе земли и стены  $I_T = I_T'$ . С помощью обратного луча можно определить точку на ребре  $BC$ , которая отбросила эту тень. Точка  $C$  горизонтального ребра находится на стене, поэтому  $C = C_T'$ . Тень отрезка  $IC$  падает на стену. Его тенью является отрезок  $I_T' C_T'$ .

Контур собственной тени всегда замкнут. Рассуждения по его определению приводились во многих задачах. Элемент контура может совпадать со своей тенью (если, например, он находится на земле, стене или примыкает к другому объекту). Этот фактор следует учитывать при построении падающей тени.

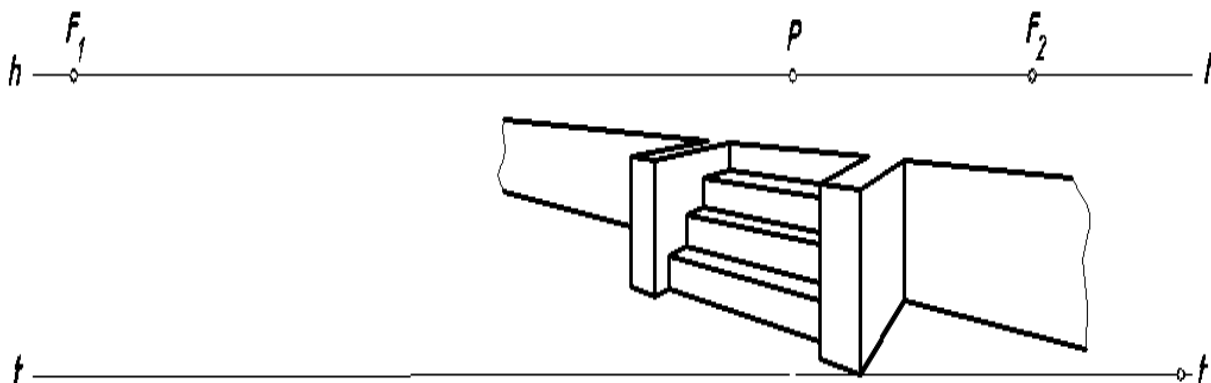


Рис. 6. Лестница с прямыми барьерами

У левого барьера правая грань находится в собственной тени, следовательно, ребра  $LN$  и  $LM$  входят в состав определяемого контура (рис. 8). Построим падающие тени этих ребер.

Лучевая плоскость (фронтальная плоскость уровня), проходящая через ребро  $LN$  пересекает землю и нижнюю

ступеньку по параллельным прямым, оставляя на них теневые следы, а подступенок по вертикальной прямой. Верхняя точка  $L$  этого ребра отбрасывает тень на первую ступеньку и определяется пересечением луча с его вторичной проекцией. Ребро  $LM$  параллельно плоскости нижней ступеньки, поэтому его тень параллельна ребру.

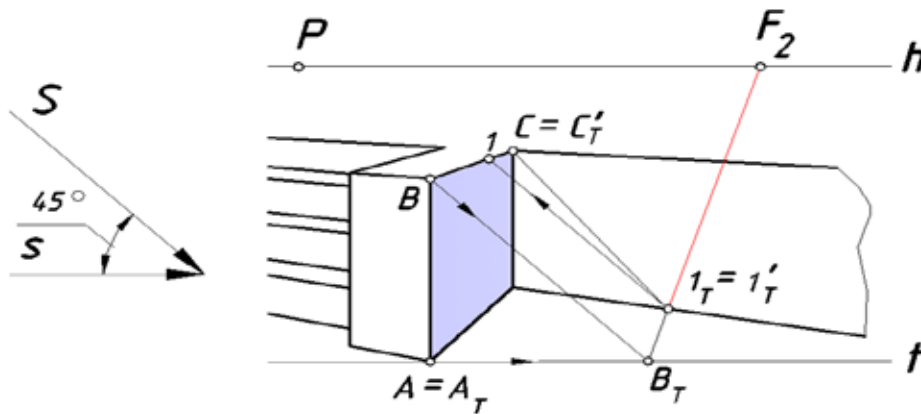


Рис. 7. Построение контура падающей тени правого барьера

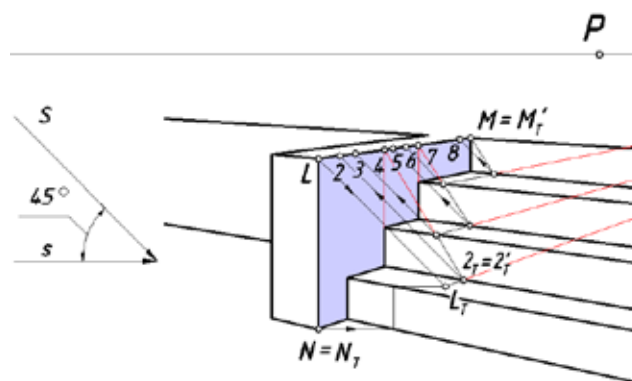


Рис. 8. Построение контура падающей тени левого барьера

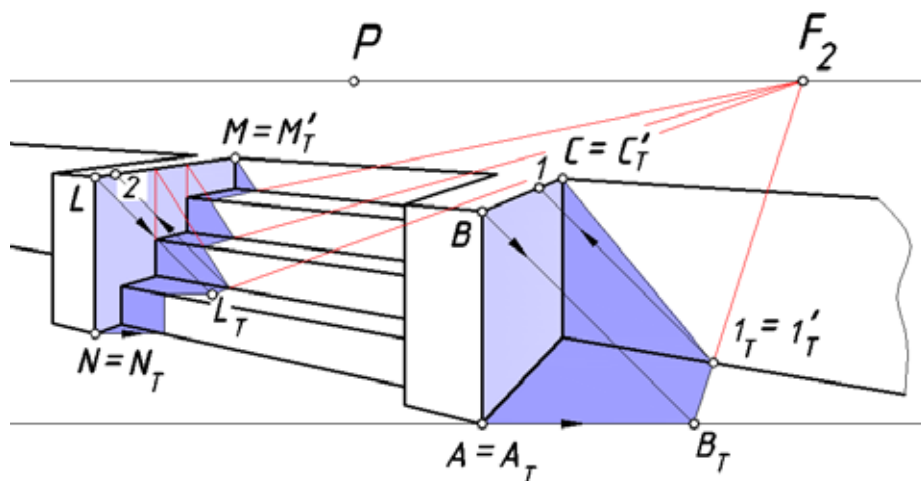


Рис. 9. Собственные и падающие тени от прямых барьеров

Соединяет точку  $L_T$  с точкой схода  $F_2$  и отмечаем реальную часть тени этого ребра на нижней ступеньке до точки  $2_T = 2_T'$ . Заметим, что это ребро является *гвоздем* по отношению ко всем подступенкам. Проведем вспомогательные линии для нахождения общих точек для ребра  $LM$  и граней всех подступенков. Эти построения позволят определить падающие тени на подступенки. На рис. 8 на ребре  $LM$  отмечены все его участки, отбро-

сившие тени на конкретные фрагменты лестницы, землю и стену.

На рис. 9 (стр. 122) представлен окончательный вариант решения задачи. Тени ребер  $LM$  и  $BC$  на стене и подступенках параллельны и представляют собой пример *восходящих прямых*. Их точка схода расположена выше линии горизонта, а точка схода их вторичных проекций лежит на линии горизонта.

Литература:

1. Макарова, М.Н. Перспектива/М.Н. Макарова. — М.: Академический проект, 2002. — 512 с.
2. Яблонский, А.Г. Начертательная геометрия (перспектива)/А.Г. Яблонский. — М.: из-во «Просвещение», 1966. — 176 с.

## Экспертиза промышленной безопасности промышленных кирпичных труб

Фадеева Галина Дмитриевна, доцент;

Гарькин Игорь Николаевич, инженер

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Забиров Али Ильясович, доцент

Пензенская государственная сельскохозяйственная академия

*Приводятся конкретные примеры характерных дефектов, на которые следует обратить внимание при проведении экспертизы промышленной безопасности промышленных кирпичных дымовых труб.*

**Ключевые слова:** промышленная безопасность, обследования, кирпичные дымовые трубы.

На сегодняшний день, в различных отраслях народного хозяйства различные здания и сооружения, эксплуатируются с большой вероятностью возникновения аварийных ситуациях, которые могут привести к драматическим последствиям вплоть до обрушения [1].

Для предупреждения возникновения таких ситуаций, а также для возможности оперативно выполнять текущие и капитальные ремонты, требуется выполнять *экспертизу промышленной безопасности* [2], [3].

Среди экспертиз промышленной безопасности отдельно следует выделить экспертизу промышленных труб [4]. Промышленные трубы делятся по материалу изготовления на:

1. Металлические;
2. Кирпичные;
3. Железобетонные.

Особую обеспокоенность вызывает состояние кирпичных и железобетонных труб, т. к. их возраст в настоящее время составляет 40–50 лет. Рассмотрим на конкретных примерах основные дефекты промышленных кирпичных труб, на которые стоит обратить внимание при экспертизе промышленной безопасности кирпичных труб.

Отсутствие проектной и эксплуатационной документации. Особое внимание стоит обратить на тот факт, что в настоящее время на оголовки промышленных труб зачастую устанавливают дополнительное оборудования

(антенны, ретрансляторы и т. д.), а согласно правилам [5], наличие разрешительных документов (обоснованным специальным расчётом) обязательно. На рис. 1–2 примеры установки дополнительного оборудования на кирпичные трубы в г. Сердобск Пензенской области.

Стяжные кольца играют важную роль в конструкции кирпичных труб, для безопасной эксплуатации требуется регулярная протяжка и смазка деталей колец. В случае если стяжное кольцо отлетело от тела ствола трубы, необходимо в кратчайшие сроки восстановить проектное положение стяжного кольца.

Выпадение отдельных кирпичей из ствола трубы — наиболее распространённый и в тоже время наиболее опасный дефект, т. к. в случае падения на человека может привести к летальному исходу. На рис. 3–4 отражен данный дефект на трубе в г. Алатырь (Чувашской Республике).

Важно обращать внимание на трещины на стволе трубы, в случае их появления в срочном порядке принять меры для ремонта трубы или провести демонтаж трубы. На рис. 5 изображена трещина после ремонта в г. Пенза.

Помимо экспертизы промышленной безопасности и обследования дымовых труб как строительных конструкций [6], целесообразно каждый год производить мониторинг крена трубы для оперативного реагирования на возможность увеличения крена трубы, который в свою очередь может привести к обрушению.





Рис. 1. Кирпичная труба г. Сердобск, Пензенская область



Рис. 2. Кирпичная труба г. Сердобск, Пензенская область

В случае если ремонт не целесообразен по ряду причин (физически невозможен, недостаток финансовых средств и т.д.) имеет смысл произвести демонтаж такой трубы и заменить её на менее габаритную, к примеру, металлическую трубу.

В случае демонтажа требуется разработать проект на демонтаж, провести экспертизу промышленной безопасности проектной документации (в данном случае

на демонтаж) и только после этого произвести демонтаж силами специализированной организации.

Дымовая труба является ответственным инженерным сооружением, работающим в чрезвычайно тяжелых условиях высоких ветровых нагрузок, температуры и агрессивного воздействия дымовых газов. Учитывая, что средний возраст кирпичных дымовых труб превышает 50 лет, следует уделять безопасности труб самое пристальное внимание.



Рис. 3. Выпадение кирпичей на промышленной трубе г. Алатырь, Чувашская республика





Рис. 4 Выпадение кирпичей на промышленной трубе г. Алатырь, Чувашская республика



Рис. 5 Трещины после ремонта (г. Пенза)

## Литература:

1. Гарькин, И. Н. Анализ причин обрушений промышленных зданий [Текст]/И. Н. Гарькин // Технические науки: проблемы и перспективы: материалы междунар. науч. конф. (г. Санкт-Петербург, март 2011 г.). — СПб.: Реноме, 2011. — с. 27–29.
2. Фадеева, Г. Д., Гарькин И. Н., Забиров А. И. Экспертиза промышленной безопасности зданий и сооружений: характерные проблемы [Текст]// Молодой ученый. — 2014. — № 4. — с. 285–286.
3. Фадеева, Г. Д., Гарькин И. Н., Забиров А. И. Экспертиза промышленной безопасности зданий и сооружений с крановыми нагрузками // Современная техника и технологии. — Июнь 2014. — № 6 [Электронный ресурс]. URL: <http://technology.snauka.ru/2014/06/3917> (дата обращения: 05.06.2014).
4. Кузьмишкин, А. А., Гарькин И. Н. Обследование дымовых промышленных труб [Текст]// Молодой ученый. — 2014. — № 1. — с. 94–95.
5. ПБ 03–445–02 «Правила безопасности при эксплуатации дымовых и вентиляционных промышленных труб»
6. Гарькин, И. Н., Гарькина И. А. Системные исследования при технической экспертизе строительных конструкций зданий и сооружений // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 3; URL: <http://www.science-education.ru/117-13139> (дата обращения: 19.05.2014).

## Разработка техники и технологии утилизации нефтяных отходов

Хайдаров Латиф Рустамович, соискатель;  
Кудратова Ситора Кудратовна, студент  
Бухарский инженерно-технологический институт (Узбекистан)

Нефтяная промышленность является одним из крупных источников загрязнения окружающей среды. В соответствии с этим требуются неотложные меры по исправлению существующей экологической ситуации на предприятиях отрасли.

Существование уже заполненных нефтешламовых амбаров требует значительных затрат для уменьшения экологического ущерба и является фактором, сдерживающим добычу нефти. Поэтому в нефтяной промышленности особенно остро стоит вопрос о ликвидации нефтяных шламов, накопленных на нефтедобывающих и нефтеперерабатывающих предприятиях с начала их эксплуатации.

Производственная деятельность нефтеперерабатывающих и нефтегазодобывающих предприятий неизбежно оказывает техногенное воздействие на объекты природной среды, поэтому вопросы охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов имеют важное значения. Одним из наиболее опасных загрязнителей практически всех компонентов природной среды — поверхностных и подземных вод, почвеннорастительного покрова, атмосферного воздуха — являются нефтешламы.

Анализ существующего положения показал, что на данный момент основная часть образующихся нефтезагрязнённых отходов размещается в шламонакопителях нефтяных амбаров.

Нефтешламонакопители являются долговременными источниками загрязнения окружающей среды нефтепродуктами за счёт испарения их открытых поверхностей накопителей, миграции в грунтовые воды при миграции в грунте и в поверхностные водоёмы при переливах.

Проблема нефтешламовых амбаров в различных нефтяных регионах страны на сегодня решается по-разному, но налицо заметные практические результаты и достижения. Особенно это относится к сбору, переработке и утилизации верхнего нефтяного и водного слоев шламонакопителей. Сбор нефти с поверхности шламонакопителей может производиться при помощи барабанных сепараторов, применяемых для ликвидации нефтяных разливов на поверхности водных объектов. Барабанная сепарационная установка выполнена в виде плавучего бота, которая устанавливается на водную поверхность. Плавучий бот имеет два или более барабанов. Барабаны выполнены из специального материала, притягивающего и удерживающего нефть и нефтепродукты.

Способность сбора и удерживания нефти основана на свойствах материала барабана притягивать и удерживать на своей поверхности нефтепродукты, что достигается посредством молекулярной адсорбции и адгезии.

Одним из наиболее сложных в плане работ по утилизации шламов вопросов является утилизация твердых нефтеотходов. Нефтезагрязненные грунты, складированные в амбарах, отличаются от нефтезагрязненных грунтов на участках рекультивации тем, что, во-первых, практически стерильны — уровень их биологической активности крайне низок. Во-вторых, они разнородны по составу механических примесей (грунтов), отличающихся сорбирующей способностью. Долгое хранение в амбарах способствует мощному связыванию нефти с почвенными частицами, что существенно затрудняет процесс извлечения нефтяной фазы, а физико-химическое преобразование нефти в про-

цессе хранения в амбарах с годами приводит к концентрированию соединений с большим молекулярным весом. Периодический отжиг нефтешламов способствует накоплению высокотоксичных полиароматических углеводородов (ПАУ), трудно поддающихся биодеструкции.

На сегодняшний день структура производства нефтеперерабатывающего завода направлена в сторону развития безотходных природоохранных технологий, приоритет в финансировании получают проекты, в соответствии с которыми минимизируется количество нефтеотходов, или они повторно и с выгодой используются.

Поэтому известные на сегодняшний день практические разработки по технологии утилизации нефтяных шламов, как отечественных, так и зарубежных фирм, в основном направлены на выделение и утилизацию нефти и нефтепродуктов.

Оставшаяся после этого сточная вода и твёрдая или полужидкая масса, насыщенная химреагентами и углеводородами, практически не утилизируются, хотя по токсичности являются более опасными для окружающей среды.

Поэтому только комплексная переработка и использование отходов в качестве вторичного сырья обеспечивают сохранение природных ресурсов. При этом резко снижается уровень загрязнения окружающей среды.

Добыча, транспортировка и хранение нефти, а также производство из нее нефтепродуктов связано с накоплением нефтешламов в специальных отстойных прудах. Подобные шламы включают прямые и обратные водо-нефтяные эмульсии и твердые частицы (песка, катализаторов и т. п.), которые зачастую являются высокоабразивными суспензиями. Десятки тысяч тонн нефтяных шламов ежегодно добавляются к сотням тысяч тонн шламов, уже находящимся в прудах и емкостях.

Большинство проектов по утилизации подобных шламов не дают должного эффекта из-за неправильно подобранного оборудования, химических реагентов или незнания природы самих шламов. В процессе технической рекультивации, особенно если нефтяной разлив крупный, происходит образование шламов. Это промежуточный этап работ, однако, именно данный вопрос вызывает все более и более пристальное внимание, поскольку из всего комплекса мероприятий по реабилитации нефтезагрязненных территорий он наиболее сложный. Шламы могут накапливаться годами. Они отличаются по разным параметрам и следует выделить основные.

По концентрации нефтеуглеводородов шламы условно подразделяют на жидкие и твердые. Под жидкими шламами подразумеваются те нефтеотходы, в которых содержание нефти превышает 50–90%. Потенциально это вторичный нефтересурс, который может быть доведен до соответствующих параметров и возвращен в товарооборот.

Твердые нефтешламы — это нефтеотходы, в которых содержание нефти не превышает 50%, т.е. это грунт, загрязненный нефтью. Переработка тех и других шламов в определенной мере взаимосвязана. Конечным результатом работ по их утилизации является возврат нефти в товарооборот, получение вторичного нефтяного сырья (битумов, асфальтов, парафинов), очистка грунтов и рекультивация. Создание высокопроизводительной технологии переработки донных отложений нефтешламовых амбаров позволит:

Во первых решить проблему их полной ликвидации с возвратом земель пользователю, уменьшит загрязнение окружающей среды и даст возможность рационально использовать органическое сырьё из отходов.

Во вторых восстановление прудов с удалением «плавающих» шламов из прудов с регенерацией нефти и направлением водной фазы на последующую очистку или в другой пруд для естественного выпаривания. Данный подход позволяет очистить пруд (уменьшить его объем) от легких нефтяных фракций с целью его подготовки для приемки новых нефтешламов.

В третьих полная комплексная и безотходная очистка прудов с их полным последующим закрытием (ликвидацией). Данный подход является экологически более правильным, несмотря на то, что он более сложный и дорогостоящий, поскольку требует применения более совершенных технологий и процессного оборудования. Такой подход позволяет осуществить на предприятии безотходное производство, то есть в результате производственной деятельности не возникают отходы, требующие складирования или вывоза для специального захоронения.

Работать со всеми видами нефтешламов, содержащих наряду с водой и твердыми частицами как легкие углеводороды («плавающий» нефтешлам), так и тяжелые углеводороды (донные осадки). Помимо утилизации шламов из прудов-шламонакопителей, по заданию Заказчика система может быть рассчитана так же на утилизацию других видов загрязненных нефтью твердых продуктов, таких как «замазанные» земли аварийных проливов нефти на рельеф и донные шламовые отложения резервуаров хранения сырой нефти.

В Бухарском нефтеперерабатывающем заводе ежегодно выделяется около 2 тыс. тонн нефтяные отходы, которые или выбрасывается и тем самым нарушается экологическое состояние региона, или используется в качестве строительного материала. Расчеты показывают, что переработка этих нефтяных шламов позволяет производит ежегодно более 1000 тонн дополнительных светлых нефтепродуктов в масштабе одного нефтеперерабатывающего завода. Ожидаемая экономическая эффективность данного проекта составляет более 700 млн. руб. в год в масштабе одного завода.

#### Литература:

1. Переработка нефтяных и газоконденсатных шламов. Методология и результаты. М. Маркаров, А. Нуридинов. Сыктывкар. Экоальянс. 2000.

2. Бикчентаева, А.Г., Десяткин А.А., Ахметов А.Ф., Ахметшина М.Н. Разделение углеводородной эмульсии с водной дисперсной фазой путём добавления мазута // Наука и технология углеводородных дисперсных систем: Материалы II Международного симпозиума. — Уфа: Реактив, 2000. — Т. 2. -с. 93–94.
3. Ю.К. Молоканов. Процессы и аппараты нефтегазопереработки. Москва. Химия. 1980. — 407 с.
4. Гречко, А.В. Современные методы термической переработки твердых бытовых отходов.// Пром. энергетика. 2006. №9.

## К выбору состава кольматирующих добавок в поглощающих горизонтах

Хохлов Александр Викторович, студент  
Ухтинский государственный технический университет

Известно, что поглощение буровых растворов — тяжелое осложнение процесса строительства скважины, приводящее к значительным затратам времени и материальных ресурсов, предупреждением которого занимаются как буровые предприятия, так и научные подразделения.

Рассмотрение вопроса по предупреждению поглощений на примере Пачгинской площади, расположенной на юге — востоке республики Коми. Она приурочена к Патраковской складчатости. Выделенная структура представляет собой антиклиналь. Разрез осложнен тектоническими нарушениями, что сразу определяет наличие слабых пластов с одной стороны, а с другой — аномалии пластовых давлений. Согласно геолого-геофизическим исследованиям кровля продуктивных пластов представлена солевыми отложениями, кроме того, в разрезе представлены терригенные и карбонатные отложения пермского возраста, при этом в основном глинисто-песчаные породы занимают более 50%.

Из-за неучтенных проектировщиками геологических условий была сделана ошибка при расчете плотности, что потребовало утяжелить буровой раствор. При использовании плотности  $1500 \text{ кг/м}^3$  любые колебания приводили либо к поглощениям, либо к газопроявлениям.

В свою очередь, высокая плотность бурового раствора наряду со снижением площади кольцевого пространства по длине забойного двигателя приводит к значительным репрессиям на стенки скважины, представленные «слабыми» пластами, раскрытию естественных трещин (в карбонатах) и нарушению сплошности сланцевых пород, что, соответственно, интенсифицирует фильтрационные потери, на ликвидацию которых требуется проведение специальных работ. При этом поглощения в глинисто-песчаных породах были ликвидированы с использованием механической кольматации (карбонатный кольматант), что свидетельствует о незначительной «вторичной» проницаемости. В карбонатных породах, по-видимому, произошел гидроразрыв пласта, что привело не только к значительным потерям бурового раствора, но и потребовало использовать специальные мероприятия, успешность которых (кроме, возможно, цементного моста) сомнительна.

Во всех трех интервалах поглощений использовалась КНБК с ВЗД. При дальнейшем применении роторной КНБК поглощения прекратились. Это свидетельствует о том, что при прохождении интервалов «слабых» пластов роторными КНБК существенно понижается риск гидроразрыва пласта, тем самым предупреждая потери промывочной жидкости.

Еще одно мероприятие, повлекшее за собой потери бурового раствора — это запуск циркуляции. Структурные свойства бурового раствора имеют важное значение при включении насосов, особенно в потенциально поглощающих горизонтах. Запуск двух насосов одновременно создает гидроудар, что приводит к разрыву пласту и началу поглощения. Расхаживание и вращение колонны для разрушения структуры раствора, поочередный запуск насосов позволяют уменьшить пусковое давление, тем самым предотвращая осложнения.

В настоящее время для борьбы с поглощениями существует огромное количество способов, самым распространенным является использование наполнителей.

Для исследования фильтрации жидкости в пористую среду на кафедре бурения был сконструирован прибор. Для имитации пористой среды использовалась губка. Использование данного прибора позволяет наблюдать процесс проникновения жидкости в пористую среду, определить глубину кольматации, вычислить объем жидкости на входе и на выходе прибора, и на основе полученных результатов сделать выводы о влиянии состава и свойств промывочной жидкости на прохождение интервалов проницаемых пород.

Для простейшей демонстрации прохождения жидкости сквозь пористую среду были взяты пробы воды без наполнителя и с наполнителем. Анализ результатов исследований показал, что наполнитель, в данном случае МК — 40, изменяет в первую очередь глубину проникновения жидкости. При этом формируется зона кольматации, обеспечивающая снижение фильтрационных потерь. Полученные данные по фильтрации не противоречат известным ранее результатам, поэтому предлагаемая модель может использоваться для дальнейших экспериментальных работ.



Следующим этапом лабораторных экспериментов является оценочное сравнение кольматационного воздействия безглинистого и полимерглинистого раствора. Исходя из результатов эксперимента можно сделать вывод о том, что наличие коллоидной фазы уменьшает глубину проникновения жидкости и тем самым уменьшает объем поглощенного раствора. Образовавшаяся фильтрационная корка выступает в роли барьера на пути движения жидкости в пласт.

Наиболее простым способом для ликвидации (профилактики) поглощения является применение наполнителей и поэтому следующим исследованием было сравнение различного состава кольматирующих добавок. При использовании безглинистого раствора с наполнителями МК — 40 и Nut Shelles Fine получилась 100% кольматация пористой модели, объем раствора на выходе равнялся 0. В остальных двух растворах в качестве кольматанта использовалась МК — 40 и слюда. По результатам опытов можно сделать вывод о том, что разнофракционный состав наполнителей дает более положительный результат, чем применение однотипной добавки. Если сравнивать растворы с МК — 40 и слюдой, то при использовании мраморной крошки глубина проникновения наполнителя больше, и тем самым закупоривание пор произошло наиболее эффективно. Это объясняется размером и формой частиц. Размер частиц МК — 40 меньше чем у слюды, а значит в зоне кольматации происходит более плотная укладка, что связано, в том числе, с формой частиц слюды — это пластинки, которые целе-

сообразно применять в группе с другими типоразмерами наполнителей.

Необходимо отметить, что при использовании кольматантов может возникнуть две проблемы. Первая связана с несоразмерно большим размером, а вторая — наоборот, т. е. дисперсность твердой фазы такова, что она фильтруется вместе с жидкой фазой и не способна формировать кольматационный экран. Разнофракционный состав наполнителей помогает решить этот вопрос.

Использование понизителей водоотдачи оказывает влияние на интенсивность фильтрации в пласт. Для сравнения были взяты полимерглинистый раствор, безглинистый с МК — 40 и полимерглинистый с резиновой крошкой различной дисперсности, модифицированной в смазке. В качестве стабилизатора использован реагент Poly Pac UL. Сравнивая с предыдущими результатами можно отметить следующее: использование понизителей водоотдачи приводит к меньшим потерям промывочной жидкости за счет связывания свободной воды. Модифицированная резиновая крошка выступила в роли дефилирующей добавки. За счет своей деформации частиц она более плотно закупорила каналы пористой модели. По сравнению с МК — 40 мы наблюдаем меньшую глубину проникновения как кольматанта, так и самого раствора. При движении в пористой среде вязкость, начиная с некоторой скорости сдвига, сильно растет и во много раз превосходит начальную вязкость раствора. Полимерные растворы, наряду с эффектами вязкоупругости, проявляют при движении в пористой среде и аномалии, об-

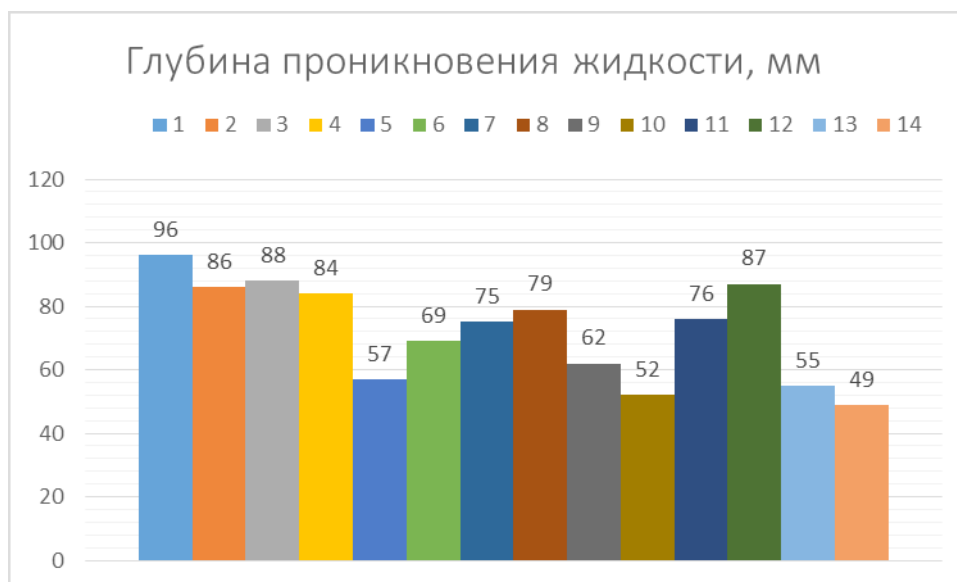


Рис. 1.1. Глубина проникновения жидкости в пористую среду: 1 — Вода; 2 — Вода + МК-40; 3 — Безглинистый; 4 — Полимерглинистый; 5 — Безглинистый + МК-40 + ореховая скорлупа; 6 — Полимерглинистый + МК-40; 7 — Полимерглинистый + слюда; 8 — Полимерглинистый + понизитель водоотдачи; 9 — Безглинистый + понизитель водоотдачи + МК-40; 10 — Полимерглинистый + понизитель водоотдачи + модифицированная резиновая крошка; 11 — Полимерглинистый с высокой вязкостью; 12 — Полимерглинистый с низкой вязкостью; 13 — Раствор плотностью 1500 кг/м<sup>3</sup>, утяжеленный баритом; 14 — Раствор плотностью 1500 кг/м<sup>3</sup>, утяжеленный баритом и МК-40



условленные их микрогетерогенностью и способностью сорбироваться в скелете пористой среды, изменяя ее гидравлическое сопротивление. Для сравнения взяли два полимерглинистых раствора с разной вязкостью. По результатам можно сказать следующее, что увеличение вязкости снижает глубину проникновения жидкости. Раствор, попадая в пористую среду, загустевает в каналах, создавая дополнительное препятствие на пути движения раствору, попадающему в поры. Сила такого сопротивления зависит от структурно-механических свойств раствора, размеров и формы каналов, а также от глубины проникновения раствора в пласт. Растворы полимеров при движении в пористой среде обладают способностью уменьшать приемистость породы в результате адсорбции и механического улавливания полимера породой. Во время бурения скважины №1 Пачгинской площади наблюдалось поглощение бурового раствора плотностью  $1500 \text{ кг/м}^3$ . Для сравнения взяли этот же раствор, только в первом случае без добавок кольматанта, а во втором добавили МК — 40. На первый взгляд, раствор с такой плотностью должен проходить через модель пористой среды быстрее, но как мы видим все произошло иначе. Дело в том, что утяжеление до плотности

$1500 \text{ кг/м}^3$  производилось баритом, который выступил в данном случае и в роли утяжелителя, и в роли кольматанта. При добавке МК — 40 глубина проникновения раствора уменьшилась, и как уже говорилось в предыдущих опытах, разнофракционный состав дает наиболее положительный результат.

Анализ промысловых и лабораторных исследований (рисунок 1.1) показал:

— коллоидная фаза снижает интенсивность фильтрации в пласт. Фильтрационная корка выступает в роли барьера на пути движения жидкости в пласт;

— сочетание МК-40 и ореховой скорлупы, а также бентонита и модифицированной резиновой крошки создают прочный кольматационный экран. Разнофракционный состав наполнителей наиболее эффективно снижает фильтрационные потери;

— увеличение вязкости снижает глубину проникновения, уменьшает объем поглощенного раствора. При увеличении вязкости на 21 сек снижается глубина проникновения жидкости на 11 мм. Чем меньше раскрытие трещин, тем большее значение приобретает пластическая вязкость. С увеличением раскрытия трещины возрастает роль динамического напряжения сдвига.

## Методика контроля жидких химических реактивов с помощью ИК-спектрометра ФСМ 1201

Шаманов Юрий Алексеевич, студент;

Шамин Алексей Алексеевич, студент;

Головяшкин Алексей Николаевич, кандидат технических наук, доцент

Пензенский государственный университет

В настоящее время остро стоит проблема контроля за химическими реактивами. Это объясняется возросшими требованиями к качественному и количественному составу, так как от этого будет зависеть конечный продукт. Химические вещества могут изменяться с течением времени под действием температуры, давления, загрязненности окружающей среды и других факторов. Естественно это будет влиять на свойства используемого реактива, поэтому его состояние необходимо контролировать. Одним из методов контроля является ИК Фурье-спектроскопия. Она позволяет получать спектры пропускания исследуемого вещества и сравнивать их с эталонами. Таким образом, становится возможной проверка пригодности того или иного реактива [1].

Представленная ниже методика контроля жидких химических реактивов с помощью ИК Фурье-спектрометра ФСМ 1201 и программ *Aspec/Fspec* позволяет определять пригодность растворов.

1. Ознакомиться с инструкцией по эксплуатации спектрометра ФСМ 1201.

2. Проверить подключение Фурье-спектрометра к сети переменного тока, к разъемам персонального компьютера.

3. Включить электрическое питание нажатием на сетевой выключатель, расположенный на правой стенке прибора. При наличии электрического питания загорается световая индикация сетевого выключателя.

4. Прогреть Фурье-спектрометр во включенном состоянии не менее 30 минут для его устойчивой работы.

5. Включить персональный компьютер.

6. Запустить программу *Aspec/Fspec*, расположенную на рабочем столе компьютера или в меню «Пуск».

7. Промыть/очистить рабочие кюветы. Промывку осуществлять намоченными дистиллированной водой/спиртом бумажными фильтрами или аналогичными предметами согласно дополнительной инструкции по очистке кювет.

8. На панели «Измерения» представленной на рисунке 1 выбрать режим измерений: пропускание. Задать значения основных параметров: спектральное разрешение, равное  $8 \text{ см}^{-1}$ ; спектральный диапазон, равный

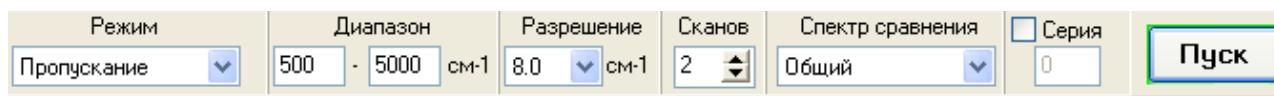


Рис. 1. Панель «Измерения»

500—5000 см<sup>-1</sup>; число сканов, равное 2; спектр сравнения выбираем общий; число измерений, равное 1).

9. Нажать кнопку «Пуск» на панели «Измерения» для запуска процесса снятия спектра.

10. Перед началом сканирования будет выведен запрос «Установите образец сравнения». После этого необходимо загрузить образец сравнения и нажать кнопку «Ок». В качестве образца сравнения взять чистую кювету.

11. После того, как программа выведет запрос «Установите измеряемый образец» необходимо загрузить исследуемый образец в кювету.

12. Нажать кнопку «Ок» для продолжения сканирования.

13. После завершения сканирования заполнить строку «Заголовок» в окне паспорта, изображенного на рисунке 2. При необходимости заполнить другие строки паспорта: описание образца, процедура измерения, толщина образца, давление в образце, температура, образец сравнения представленного на рисунке 3.

14. Загрузить спектры сравнения из базы данных программы. Для этого в верхней части окна программы выбрать вкладку «Файл». В данной вкладке выбрать команду «Открыть» и указать следующий путь: *C:/Program Files/Monitoring/Aspec (Fspec)*. В папке *Aspec (Fspec)* выбрать файл нужного раствора.

15. Проверить принадлежность исследуемого спектра области эталонных спектров. Для этого необходимо выбрать пики подобные пикам эталонных образцов и сравнить значения интенсивности пиков исследуемого спектра

с допустимыми значениями интенсивности, представленными в таблице характеристики раствора. Если значения интенсивности полученных пиков удовлетворяют допустимым значениям, тогда раствор проходит контроль, в противном случае данный раствор отбраковывается.

16. Проверить принадлежность пиков исследуемого спектра доверительному интервалу эталонных спектров. Для этого нужно выбрать наиболее схожие пики спектров и определить координаты выбранных пиков исследуемого раствора. Сравнить полученные координаты исследуемых пиков с границами доверительного интервала соответствующих эталонных пиков приведенных в таблице характеристики раствора. Если координаты исследуемых пиков удовлетворяют доверительному интервалу, то раствор проходит контроль, в противном случае раствор отбраковывается.

Может возникнуть необходимость повысить точность данного контроля. Для этого нужно учесть наличие промахов возникающих на границах доверительного интервала. После подтверждения принадлежности координат исследуемых пиков доверительному интервалу, их нужно сравнить со значениями промахов.

17. По расположению экспериментального спектра относительно эталонного можно определить преобладание концентрации одного из веществ составляющих раствор. Если полученный спектр находится за пределами области эталонных спектров, то есть значения интенсивности пиков исследуемого раствора не удовлетворяют допустимым значениям, тогда необходимо изменить концентрацию вещества в растворе.

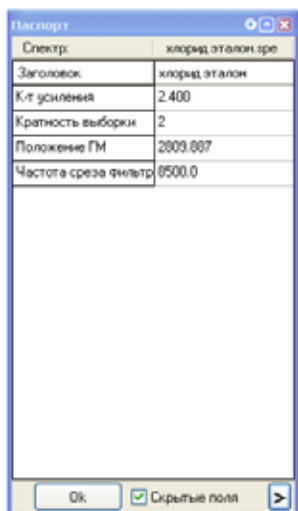


Рис. 2. Краткая форма окна паспорта

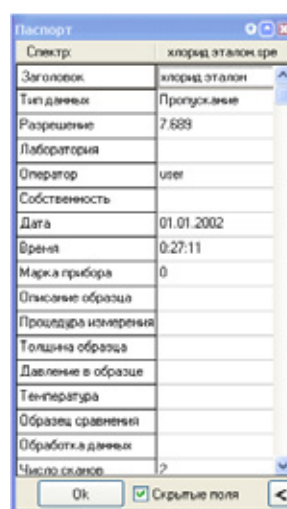


Рис. 3. Длинная форма окна паспорта

Если исследуемый спектр находится выше эталонного, то есть значения интенсивности пиков исследуемого раствора больше чем допустимые значения, тогда в исследуемом растворе преобладает повышенная концентрация вещества, и наоборот, если исследуемый спектр находится ниже эталонного, то есть значения интенсивности пиков исследуемого раствора меньше чем допустимые значения. Данная процедура осуществляется при наличии дополнительной инструкции по определению концентрации компонентов раствора [2].

18. По окончании работы промыть кювету согласно п. 7 данной инструкции.

19. Выключить питание Фурье-спектрометра сетевым выключателем.

20. Выключить питание персонального компьютера.

Рассмотрим пример применения методики для контроля химического состава сульфата натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Спектры пропускания растворов сульфата натрия  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  различной концентрации представлены на рисунках 4–6.

Из полученных спектров явно видно, что ИК — спектрометром ФСМ 1201 фиксируется даже малое изменение концентрации исследуемого вещества. Благодаря полученной информации возможно контролировать пригодность исследуемого вещества, что позволит избежать потраченного времени, испорченных образцов, а также в случае опасного производства не приведет к катастрофе.

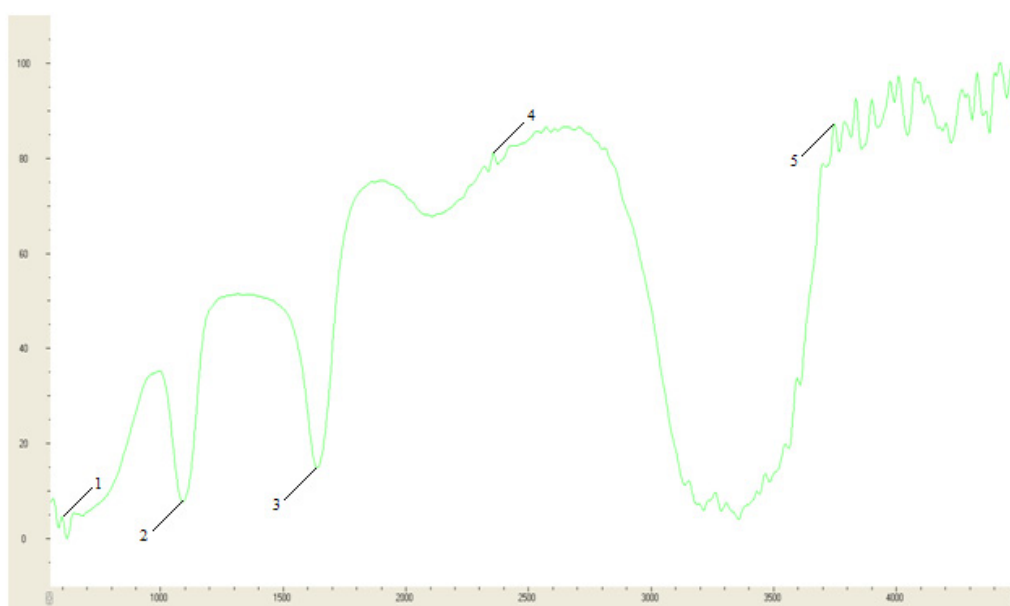


Рис. 4. Спектр эталонного (50%) раствора  $\text{Na}_2\text{SO}_4$

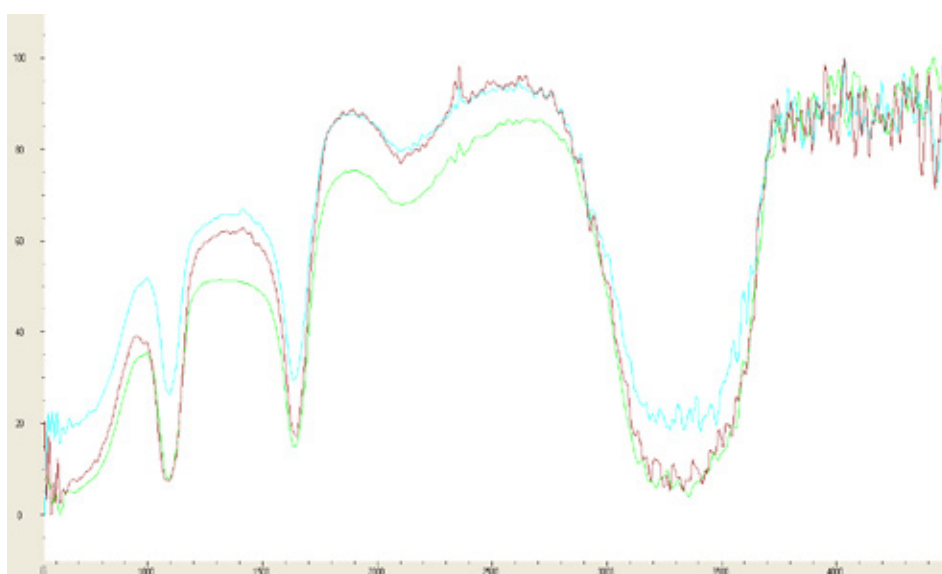


Рис. 5. Спектр эталонного раствора  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и с концентрацией  $\pm 2\%$  от эталонного состава

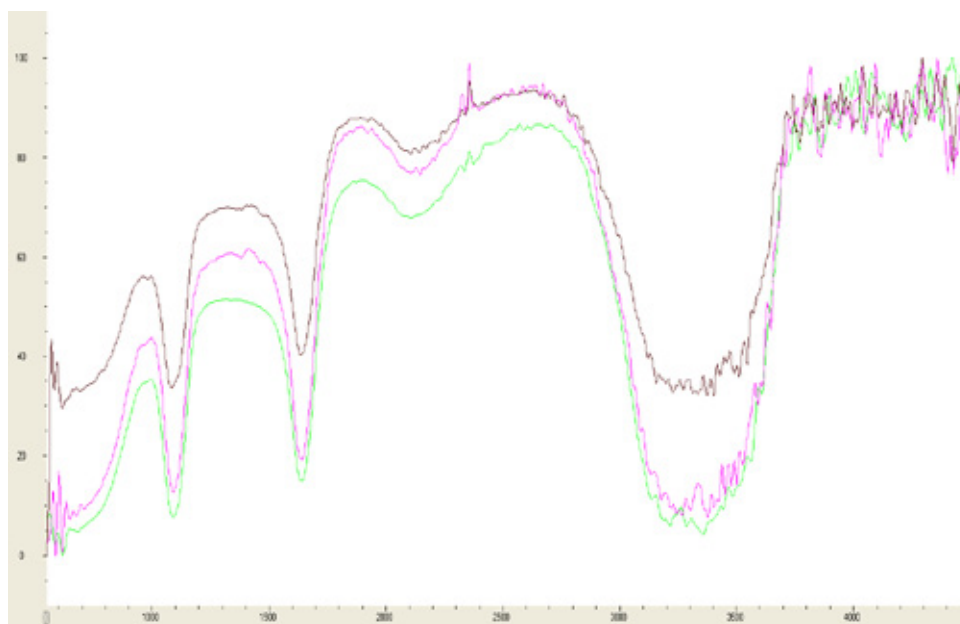


Рис. 6. Спектр эталонного раствора  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и с концентрацией  $\pm 5\%$  от эталонного состава

#### Литература:

1. Белл, Р. Дж. Введение в фурье-спектроскопию. М.: Мир, 1975. — 160 с.
2. Тарасевич, Б. Н. Основы ИК спектроскопии с преобразованием Фурье. Подготовка проб в ИК спектроскопии. М., 2012.

## Анализ семейств спектров растворов золей после введения катализатора

Шамин А. А, студент  
Пензенский государственный университет

В данной статье рассмотрены и проанализированы семейства спектров растворов золей, полученных методом ИК — спектроскопии. Данный метод позволяет получать серии спектров изучаемого вещества, благодаря чему возможно спрогнозировать дальнейшее течение реакции, а также контролировать процесс гелеобразования, поскольку последний очень зависит от климатических условий, концентрации и активности вводимых веществ. В качестве установки для получения спектров используется инфракрасный спектрограф ФСМ 1201, обладающий высокой скоростью работы, низким энергопотреблением и относительно компактными размерами.

На рисунке 1 изображено семейство спектров раствора золя на основе олова [1]. Раствор получен золь-гель методом. Кривая 1 соответствует двум секундам после введения соляной кислоты для изменения кислотности раствора. Кривая 2 — минуте после введения. Кривые 3—10 соответственно равны двум, трем, пяти, десяти, двадцати,

тридцати и шестидесяти минутам после введения. Пик поглощения вблизи  $3300\text{ см}^{-1}$  обусловлен колебаниями O-H связей, что означает присутствие в растворе воды. Группа пиков вблизи  $3000\text{ см}^{-1}$  обозначает присутствие органических соединений, в точности спиртов. Пик  $1640\text{ см}^{-1}$  соответствует валентным колебаниям C=C. Поглощения в интервале  $1300\text{—}1500\text{ см}^{-1}$  обусловлены колебаниями ациклических ацетилацетонатов C(O) —  $\text{CH}_3$ . Колебания вблизи  $1000\text{ см}^{-1}$  вызваны колебаниями водорода вблизи C=C. Пик  $870\text{ см}^{-1}$  обозначает в растворе нахождение атомов кремния и их колебания, что обусловлено присутствием в растворе ТЭОСа. Пик вблизи  $810\text{ см}^{-1}$  соответствует валентным продольным колебаниям  $\text{O}_2\text{-Si-OH}$ . Пик  $670\text{ см}^{-1}$  отвечает продольным валентным колебаниям мостикового кислорода в Sn-O-Sn [2]. Данные выводы аналогичны для семейства спектров раствора золя на основе цинка (рисунок 2) и семейства спектров раствора золя на основе индия (рисунок 3).

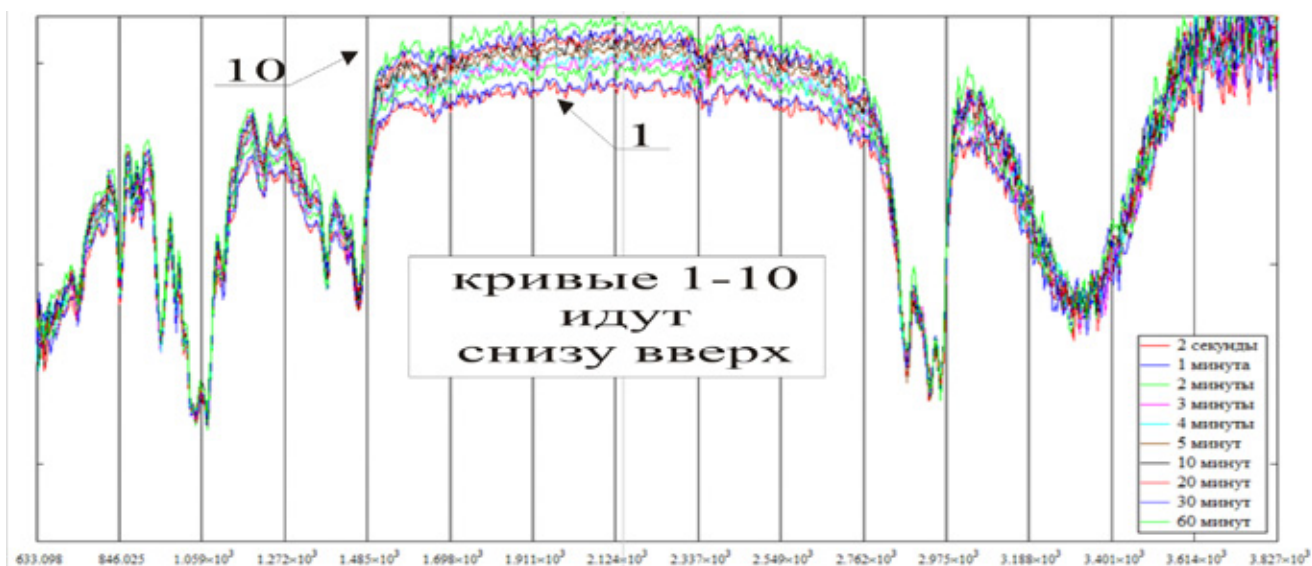


Рис. 1. Семейство спектров раствора золя на основе олова

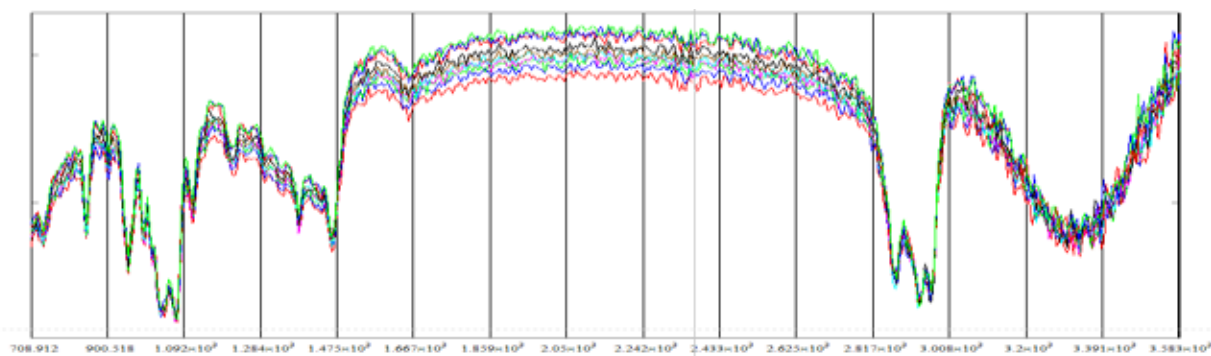


Рис. 2. Семейство спектров раствора золя на основе цинка

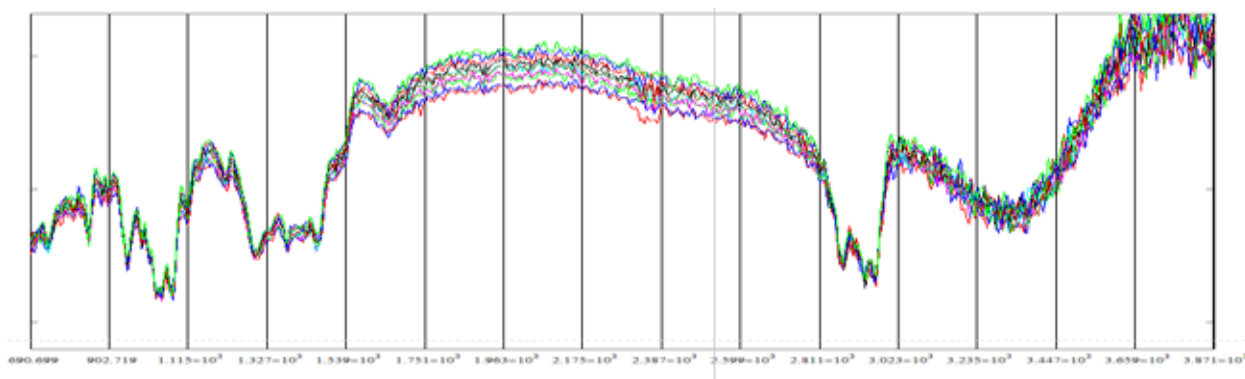


Рис. 3. Семейство спектров раствора золя на основе индия

Каждый спектр семейства отвечает своей чувствительности, которой будет обладать пленка после отжига. Это означает, что, если каждый раз необходимо получать пленки с одинаковыми свойствами, соответствующими, например, кривой 1 (рисунок 1), то каждый последующий раствор необходимо отправлять на отжиг

именно в тот момент, когда его спектр будет совпадать с эталонным.

Сравнение с эталонным спектром также применяется в случае, когда есть сомнения в концентрации вводимых веществ. На рисунке 4 изображено сравнение эталонной кривой золя на основе олова, кривой золя на основе олова



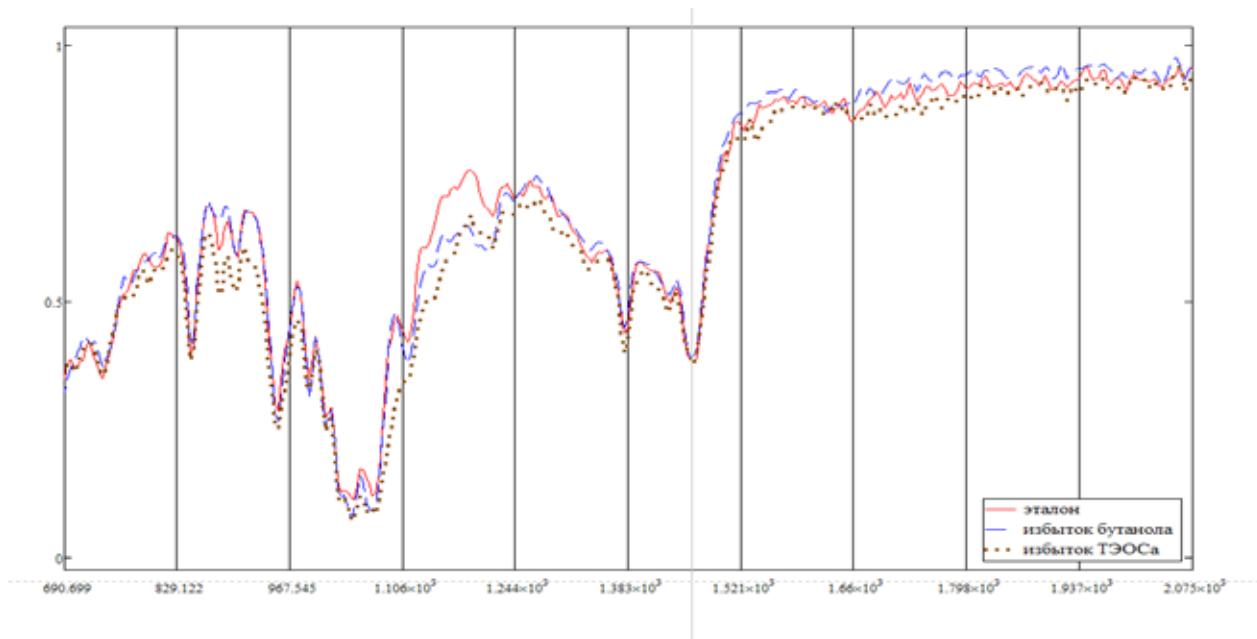


Рис. 4. Поведение спектров раствора золя на основе цинка в зависимости от концентрации бутанола и ТЭОСа

при избытке бутанола и кривой золя на основе олова при избытке ТЭОСа.

Данная группа спектров на рисунке 4 демонстрирует различия в пропускании в зависимости от концентраций вводимых веществ. Кривая номер 3 (точки) имеет дополнительные пики поглощения в интервале  $830\text{--}850\text{ см}^{-1}$ , отвечающие за увеличенное содержание атомов кремния. Также появился явный пик поглощения  $1170\text{ см}^{-1}$ , обозначающий колебания валентных соединений Si-O-Si. Кривая 2 (пунктир) отвечает случаю избытка бутанола. Пик поглощения  $1200\text{ см}^{-1}$  обусловлен колебаниями C-O

связей. Однако, процесс гелеобразования не нарушается, изменится лишь время его протекания. Если в раствор ввести избыток соляной кислоты, то это мгновенно отразится на спектре раствора. На рисунке 5 изображено сравнение эталонного спектра раствора золя на основе олова и спектра раствора золя на основе олова с избытком соляной кислоты. Из рисунка видно, что сразу после введения пропускная способность снизилась. Плюс добавился спектр поглощения в интервале  $1600\text{--}1700\text{ см}^{-1}$ , отвечающий валентным симметричным колебаниям C-C [3].

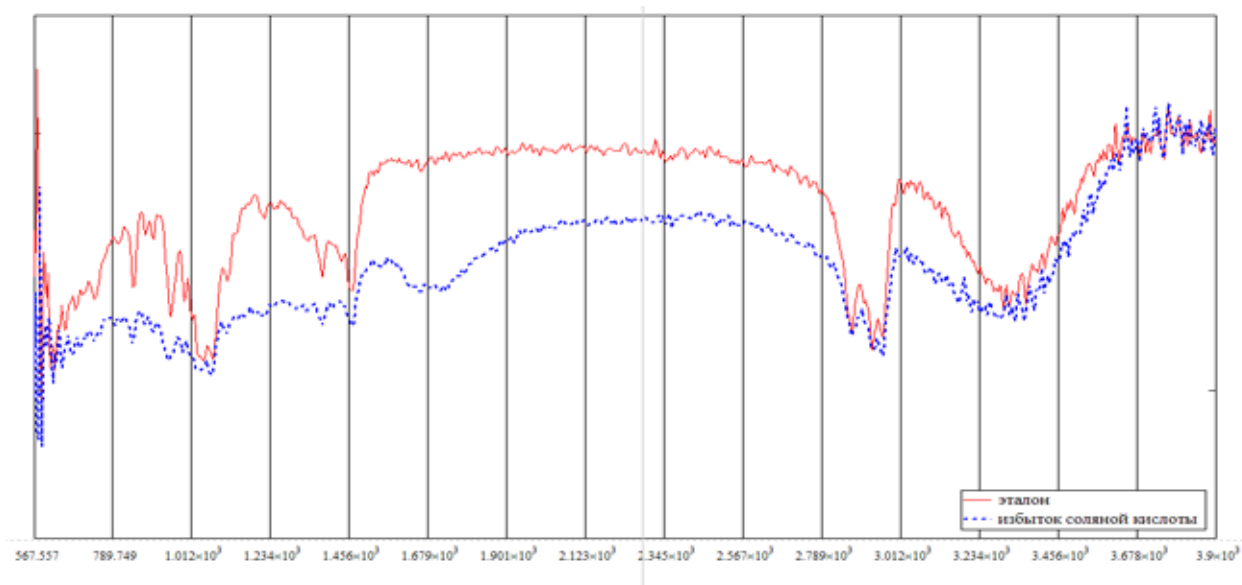


Рис. 5. Поведение спектров раствора золя на основе олова в зависимости от концентрации соляной кислоты

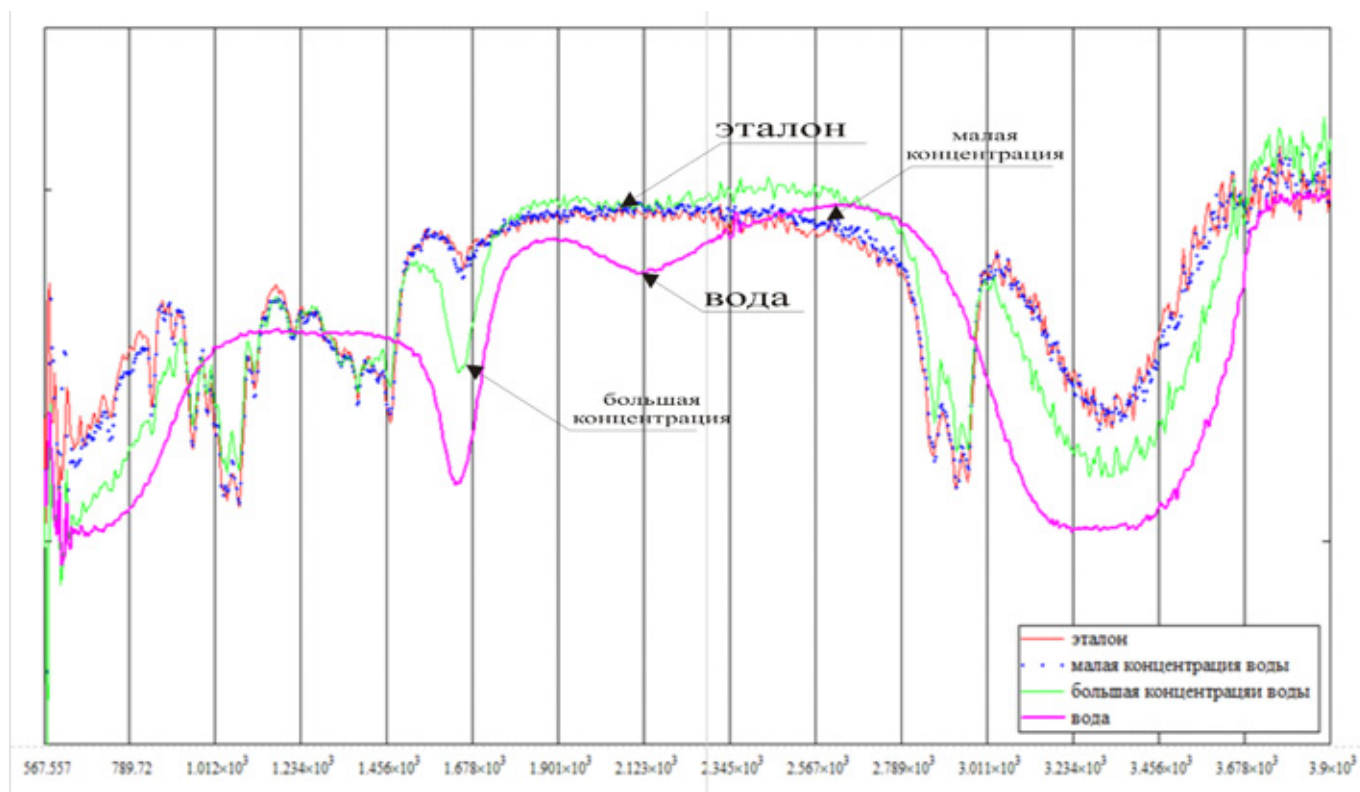


Рис. 6. Поведение спектров раствора золя на основе цинка в зависимости от концентрации воды

Также в раствор золя на основе неорганических материалов добавляют воду, чтобы придать конечным пленкам необходимые свойства. На рисунке 6 изображены спектры

раствора золя на основе цинка в зависимости от количества добавленной воды. Сравнение производится с эталонным спектром воды.

Литература:

1. Аверин, И. А., Мошников В. А., Пронин И. А. Влияние типа и концентрации собственных дефектов на структуру и свойства диоксида олова // Нано- и микросистемная техника. 2013. — № 1. — с. 27–29;
2. Аверин, И. А., Карманов А. А., Мошников В. А., Печерская Р. М., Пронин И. А. Особенности синтеза и исследования нанокompозитных плёнок, полученных методом золь-гель-технологии // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. — 2012. — №2. — с. 155–163;
3. Аверин, И. А., Карпова С. С., Мошников В. А., Никулин А. С., Печерская Р. М., Пронин И. А. Управляемый синтез тонких стекловидных пленок // Нано- и микросистемная техника. — 2011. — № 1. — с. 23–25.

# Молодой ученый

Ежемесячный научный журнал

№ 11 (70) / 2014

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

**Главный редактор:**

Ахметова Г. Д.

**Члены редакционной коллегии:**

Ахметова М. Н.  
Иванова Ю. В.  
Лактионов К. С.  
Сараева Н. М.  
Авдеюк О. А.  
Алиева Т. И.  
Ахметова В. В.  
Брезгин В. С.  
Данилов О. Е.  
Дёмин А. В.  
Дядюн К. В.  
Желнова К. В.  
Жуйкова Т. П.  
Игнатова М. А.  
Коварда В. В.  
Комогорцев М. Г.  
Котляров А. В.  
Кучерявенко С. А.  
Лескова Е. В.  
Макеева И. А.  
Мусаева У. А.  
Насимов М. О.  
Прончев Г. Б.  
Семахин А. М.  
Сенюшкин Н. С.  
Ткаченко И. Г.  
Яхина А. С.

**Ответственные редакторы:**

Кайнова Г. А., Осянина Е. И.

**Международный редакционный совет:**

Айрян З. Г. (Армения)  
Арошидзе П. Л. (Грузия)  
Атаев З. В. (Россия)  
Борисов В. В. (Украина)  
Велковска Г. Ц. (Болгария)  
Гайич Т. (Сербия)  
Данатаров А. (Туркменистан)  
Данилов А. М. (Россия)  
Досманбетова З. Р. (Казахстан)  
Ешиев А. М. (Кыргызстан)  
Игисинов Н. С. (Казахстан)  
Кадыров К. Б. (Узбекистан)  
Козырева О. А. (Россия)  
Лю Цзюань (Китай)  
Малес Л. В. (Украина)  
Нагервадзе М. А. (Грузия)  
Прокопьев Н. Я. (Россия)  
Прокофьева М. А. (Казахстан)  
Ребезов М. Б. (Россия)  
Сорока Ю. Г. (Украина)  
Узаков Г. Н. (Узбекистан)  
Хоналиев Н. Х. (Таджикистан)  
Хоссейни А. (Иран)  
Шарипов А. К. (Казахстан)

**Художник:** Шишков Е. А.

**Верстка:** Бурьянов П. Я.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.

За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.

Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Материалы публикуются в авторской редакции.

**АДРЕС РЕДАКЦИИ:**

420126, г. Казань, ул. Амирхана, 10а, а/я 231.

E-mail: [info@moluch.ru](mailto:info@moluch.ru)

<http://www.moluch.ru/>

**Учредитель и издатель:**

ООО «Издательство Молодой ученый»

ISSN 2072-0297

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии «Конверс», г. Казань, ул. Сары Садыковой, д. 61